



**TUGAS AKHIR - (MO141326)**

**Analisa Perubahan Garis Pantai Tangtu Kota  
Denpasar Bali menggunakan *Software  
DELFT3D***

**ANGGI GEWANG FREDDY SILABAN**

**NRP. 4312 100 093**

**Dosen Pembimbing :**

**Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T. M.Sc**

**Dr. Kriyo Sambodho, S.T. M.Eng**

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2016**



**FINAL PROJECT -(MO141326)**

# **ANALYSIS OF THE TANGTU SHORELINE CHANGES DENPASAR CITY BALI USING DELFT3D SOFTWARE**

**ANGGI GEWANG FREDDY SILABAN**

**NRP. 4312 100 093**

**Supervisors :**

**Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T. M.Sc**

**Dr. Kriyo Sambodho, S.T. M.Eng**

**OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT**

**Faculty of Marine Technology**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2016**

# **ANALISA PERUBAHAN GARIS PANTAI TANGTU KOTA DENPASAR BALI DENGAN SOFTWARE DELFT3D**

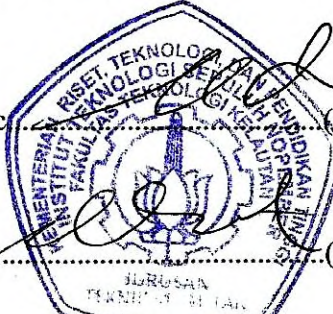
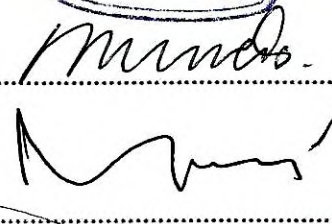
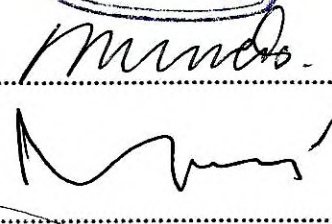
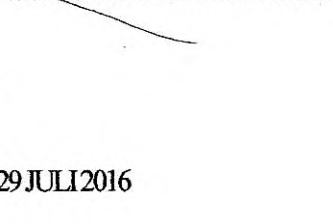
## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ANGGI GEWANG FREDDY SILABAN**  
**NRP.4312 100 093**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr.Eng.Muhammad Zikra,S.T.M.Sc..... (Pembimbing1)
2. Dr. Kriyo Sambodho,S.T.M.Eng..... (Pembimbing2)
3. Dr.Ir.Wahyudi Citrosiswoyo.M.Sc..... (Penguji 1)
4. Dr.Drs.Mahmud Mustain.M.Sc..... (Penguji 2)

SURABAYA, 29 JULI 2016

# **Analisa Perubahan Garis Pantai Tangtu Kota Denpasar Bali menggunakan Software DELFT3D**

**Nama Mahasiswa : Anggi Gewang Freddy Silaban**

**NRP : 4312 100 093**

**Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T. M.Sc**

**Dr. Kriyo Sambodho, S.T. M.Eng**

## **ABSTRAK**

Perubahan garis pantai dapat terjadi setiap saat secara alami. Struktur ini terdiri dari pasir pantai akan berubah karena interaksi antara gelombang dan arus di pantai dan dalam bentuk gerakan sedimen, sehingga dalam menghitung garis pantai faktor arus dan perubahan pasang surut sangat diperlukan. Untuk mengantisipasi bahaya yang ditimbulkan oleh arus dan gelombang pasang surut, sebelum dibangun konstruksi perlindungan pantai perlu diketahui perubahan garis pantai yang terjadi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan simulasi perubahan garis pantai menggunakan perangkat lunak yang ada, yaitu software Delft3D. Delft3D adalah salah satu perangkat lunak (software) model simulasi numerik yang dirancang untuk memprediksi perubahan garis pantai. Pola transpor sedimen pada setiap titik observasi mengalami kenaikan massa sedimen, pada titik observasi 1 sebesar 0.5 m, titik observasi 2 sebesar 0.37 m, dan titik observasi 3 sebesar 0.4 m. Perubahan garis pantai berdasarkan simulasi dengan DELFT3D selama setahun kemunduran garis pantai sebesar 3.1 meter dengan validasi dengan metode analitis CERC sebesar 4.7 meter dan citra satelit sebesar 2.07 meter.

Kata kunci: model morfologi, sedimentasi, delft3d

# **Analysis of Tangtu Shoreline Changes Denpasar City Bali using Delft3D Software**

**Name : Anggi Gewang Freddy Silaban**

**NRP : 4312 100 093**

**Supervisor : Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T. M.Sc**

**Dr. Kriyo Sambodho, S.T. M.Eng**

## **ABSTRACT**

The shoreline changes can occur at any time naturally .This structure composed of sand the beach and change because interaction between waves and current on the beach and in the form of movement sediment , so in counting the shoreline the current and change tides indispensable .Anticipating posed by the tidal wave , before built construction coast protection to know change the shoreline happened .Hence , the research was conducted simulated change the shoreline using existing software , the software delft3d .Delft3d is one of software ( software ) model numerical simulation designed to predicts changes to the shoreline . The transport sediment at any point observation increased mass sediment , at the observation 1 is 0.5 m , at the observation 2 is 0.37 m , and at the point observation 3 is 0.4 m. Change the shoreline based on simulations with delft3d for a year a setback coastline is 3.1 meters with the validation with the analytical CERC is 4.7 meters and satellite images is 2.07 meters.

**Keywords:** model morphology , sediment , delft3d

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b>	 <b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Sedimentasi	6
2.2.2 Sedimen dan Sifat-Sifat Sedimen	6
2.2.3 Pasang Surut	10
2.2.4 Arus Pasang Surut	12
 <b>BAB III METODOLOGI</b>	 <b>13</b>
3.1 Metode Penelitian	13
3.1.1 Studi Literatur	14
3.1.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data	15
3.1.3 Input Data dan Permodelan	16

3.1.5	Analisa Hasil	12
3.1.6	Kesimpulan	12
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	<b>23</b>
4.1	Lokasi Studi	23
4.2	Hasil Pengukuran	23
4.2.1	Hasil Pengamatan Pasang Surut	23
4.2 .2	Data Batimetri	26
4.2 .3	Data Arus	27
4.3	Ruang Lingkup Pemodelan	28
4.4	Hasil Simulasi	32
4.4.1	Simulasi Kondisi Arus	32
4.4.2	Hasil dan Analisa Laju Erosi atau Sedimentasi	35
4.4.3	Hasil dan Analisa Perubahan Garis Pantai	39
4.5	Validasi Hasil	42
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>45</b>
V.1	Kesimpulan	45
V.2	Saran	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>BIODATA PENULIS</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi ukuran butir dan sedimen	8
Tabel 3.1 Sumber data dan penggunaannya pada simulasi ini	14
Tabel 3.2 Komponen Pasang Surut	16
Tabel 3.4 Nilai – nilai Parameter Fisik Pemodelan Morfologi	21
Tabel 4.1 Komponen Pasang Surut Perairan Tangtu	25
Tabel 4.2 Elevasi Air Hasil Perhitungan <i>Least Square</i>	25
Tabel 4.3 Nilai Amplitudo dan fase pada komponen pasut sebagai batas terbuka pemodelan.	31
Tabel 4.4 Parameter model untuk ranspor sedimen	31
Tabel 4.5 Perhitungan perubahan garis pantai metode CERC	42
Tabel 4.5 Nilai besarnya perubahan garis pantai masing-masing metode	44



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Pantai Tangtu	1
Gambar 2.1	Tipe Pasang Surut	13
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	15
Gambar 3.2	Menu <i>Software</i> Delft3D	16
Gambar 4.1	Lokasi studi	23
Gambar 4.2	Grafik pasang surut hasil pengamatan	24
Gambar 4.3	Grafik pasang surut hasil pengukuran Metode <i>Least Square</i>	24
Gambar 4.4	Titik-titik pengukuran Batimetri	26
Gambar 4.5	Peta Batimetri Pantai Tangtu	27
Gambar 4.6	Grafik pengamatan kecepatan arus pasang surut	28
Gambar 4.7	Grid Pemodelan	29
Gambar 4.8	Kondisi batas pemodelan	30
Gambar 4.9	Kedalaman Perairan	30
Gambar 4.10	Pola arus pada tanggal 6 Oktober 2016 pukul 04:50	32
Gambar 4.11	Vector kecepatan arus tanggal 6 Oktober 2016	33
Gambar 4.12	Pola arus pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 00:00	34
Gambar 4.13	Vector kecepatan arus tanggal 26 Juli 2017	35
Gambar 4.14	Lokasi observation point	36
Gambar 4.15	Kurva laju sedimentasi pada titik observasi 1	36
Gambar 4.16	Kurva laju sedimentasi pada titik observasi 2	37
Gambar 4.17	Kurva laju sedimentasi pada titik observasi 3	38
Gambar 4.18	Bed level pada cross section 20	39
Gambar 4.19	Grafik bed level awal, pertengahan dan akhir simulasi	40
Gambar 4.20	Profil permukaan air laut simulasi selama 1 tahun	40
Gambar 4.21	Overlay perubahan garis pantai simulasi selama 1 tahun	41
Gambar 4.22	Grafik perubahan garis pantai Tangtu selama 1 tahun	42
Gambar 4.23	Citra Satelit pada tahun 2012	43
Gambar 4.24	Citra Satelit pada tahun 2015	43

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A – INPUT SOFTWARE DELFT  
LAMPIRAN B - PASANG SURUT  
LAMPIRAN C – BATIMETRI  
LAMPIRAN D - ARUS

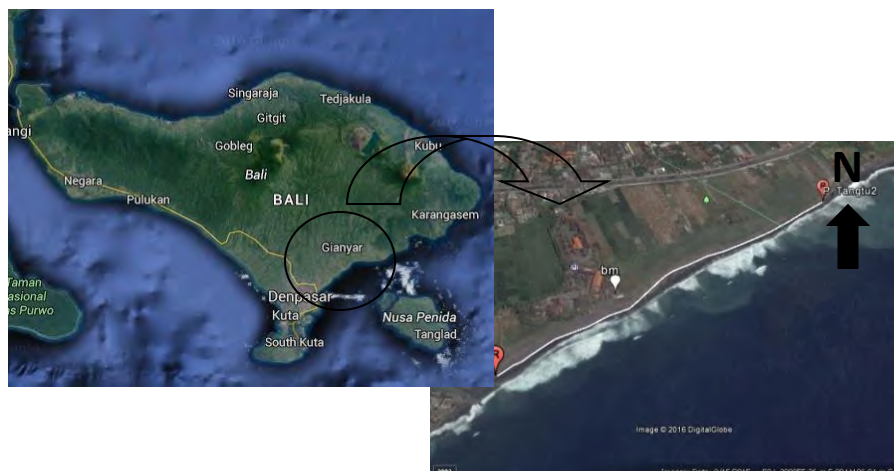
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah (Bambang Triatmojo, “Teknik Pantai”). Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dengan air laut, dimana posisinya selalu berubah-ubah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi atau abrasi pantai yang terjadi. Perubahan garis pantai disebabkan oleh faktor alam atau faktor manusia. Faktor alam diantaranya gelombang laut, arus laut, angin, sedimentasi sungai, kondisi tumbuhan pantai serta aktivitas lempengan bumi/tektonik dan aktivitas gunung api /vulkanik. Sedangkan faktor manusia antara lain yang dilakukan manusia merubah kondisi pantai seperti pembangunan pelabuhan dan fasilitas-fasilitasnya, pertambangan, pengerukan, perusakan vegetasi pantai, pertambakan, perlindungan pantai serta reklamasi pantai.

Pantai Tangtu berada di wilayah Kota Denpasar, tepatnya di Kecamatan Denpasar Timur. Pantai Tangtu terletak antara koordinat 8039'16.08" LS dan 115016'4.26" BT sampai dengan 80.9'0.44"LS dan 115016'28.04"BT.



Gambar 1.1 Lokasi Pantai Tangtu

Pantai ini disamping sebagai kawasan nelayan, juga merupakan pemukiman penduduk dimana terdapat banyak perumahan penduduk dengan

profesi yang beragam di Kota Denpasar. Lokasi penelitian berada di pinggir jalan By Pass Ida Bagus Mantra yang merupakan urat nadi perekonomian ke wilayah Bali Timur. Bagian Timur pantai ini juga terdapat areal persawahan dan fasilitas umum seperti sekolah dan hotel atau villa. Oleh sebab itu perubahan garis pantai Tangtu perlu dianalisa untuk kepentingan masyarakat sekitar dan pelestarian lingkungan. Perubahan garis pantai dapat terjadi setiap waktu dan prosesnya terjadi secara alami. Struktur pantai yang terdiri dari pasir akan mudah berubah karena adanya interaksi antara gelombang dan arus dengan pantai dan berakhir dalam bentuk pergerakan sedimen, sehingga dalam menghitung perubahan garis pantai faktor gelombang dan arus sangat diperlukan. Untuk mengantisipasi bahaya yang diakibatkan oleh gelombang laut, perlu dibangun konstruksi pengaman pantai agar gelombang yang datang tidak merusak kawasan pantai. Oleh sebab itu dalam studi ini dilakukan simulasi perubahan garis pantai dengan menggunakan software yang telah ada yaitu software Delft3D. Delft3D merupakan salah satu perangkat lunak (software) dari model simulasi numerik yang dirancang untuk memprediksi perubahan garis pantai yang cukup panjang untuk pekerjaan proyek pantai.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah yang akan dibahas dalam kasus ini adalah :

1. Bagaimana pola arus dan laju sedimentasi dengan menggunakan software Delft3D.
2. Bagaimana perubahan garis pantai dengan menggunakan software Delft3D.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pola arus dan laju sedimentasi dengan menggunakan software Delft3D.
2. Mengetahui perubahan garis pantai Tangtu dengan menggunakan software Delft3D.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui pola arus, laju sedimentasi dan perubahan garis pantai di lokasi penelitian. Selain itu, hasil dari analisa perubahan profil pantai ini dapat juga digunakan nantinya untuk mendesain struktur perlindungan pantai dan merencanakan pengembangan wilayah pantai.

### **1.5 Batasan Masalah**

Agar mendapatkan hasil akhir analisa yang baik dan tidak menyimpang dari permasalahan yang akan dikaji dan ditinjau maka terdapat batasan masalah yang perlu diperhitungkan yaitu:

1. Model yang dibuat bersifat 2 Dimensi.
2. Lokasi daerah studi yaitu pada Pantai Tangtu Kota Denpasar Bali sepanjang 1200 meter.
3. Lama simulasi dilakukan selama 1 tahun.
4. Perubahan profil pantai hanya ditinjau dari pasang surut, arus, dan sedimen.
5. Validasi dengan citra satelit tidak memperhitungkan keadaan saat pasang surut.
6. Data tanah yang digunakan adalah ukuran butiran pasir menggunakan asumsi D50.
7. Software yang digunakan adalah Delft3D.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab ini berisi acuan yang menjadi dasar dalam analisis dan evaluasi dalam penulisan tugas akhir.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam mengerjakan tugas akhir ini yang digambarkan dalam diagram alir penelitian yang disusun secara sistematis dan dilengkapi pula dengan data-data penelitian serta penjelasan detail untuk setiap langkah pengerjaannya.

### **BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan bagaimana menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir dengan menggunakan software DELFT3D. Diperlukan data batimetri, data garis pantai, data pasang surut, data arus, dan data ukuran pasir (D50), setelah itu diproses hingga menghasilkan output yakni garis pantai yang diprediksi.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan serta pemberian saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Analisa lingkungan pesisir pantai perlu dilakukan salah satunya adalah memprediksi dan mengetahui perubahan garis pantai karena garis pantai dapat terjadi setiap waktu dan prosesnya terjadi secara alami. Beberapa penelitian pernah membahas tentang analisa kerusakan pesisir pantai atau analisa perubahan garis pantai dengan atau tanpa menggunakan bantuan *software* DELFT3D.

Beberapa penelitian yang pernah menganalisa pesisir pantai antara lain :

1. Analisa Perubahan Garis Pantai di Kawasan Pesisir Pantai Gresik akibat Kenaikan Muka Air Laut ( Andrianto, 2012) menjelaskan mengenai analisa dampak kenaikan muka air laut setiap tahunnya terhadap perubahan garis pantai dengan metode *bruun rule*.
2. Analisa Kerusakan *Sea Wall* di Desa Tejakula, Buleleng, Bali (Febrian, 2015) menjelaskan mengenai mengetahui penyebab kerusakan seawall pada pantai di Desa Tejakula Bali serta untuk mengusulkan upaya perbaikan pada seawall yang rusak. Analisa kerusakan seawall dilakukan dengan metode yaitu mengenai stabilitas bangunan dan metode mendesain *sea wall*.
3. Analisa Perubahan Garis Pantai Jasri di Kabupaten Karangasem, Bali menggunakan Software Generalized Model for Simulating Shoreline Change (GENESIS) (Hidayah, 2012) menjelaskan mengenai analisa perubahan garis pantai dan besarnya transport sedimen di Pantai Jasri dengan menggunakan *software Generalized Model for Simulating Shoreline Change* (GENESIS), serta penanganan alternatif yang harus dilakukan.

#### 2.2 Dasar Teori

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. teori-teori yang menjadi acuan atau referensi akan dijelaskan.

### 2.2.1 Sedimentasi

Di daerah pantai, sungai, dan muara tidak akan pernah lepas dengan yang namanya sedimentasi. Terlebih lagi sering menjadi persoalan yang penting, apalagi di daerah sekitar terdapat aktifitas manusia. Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terkait oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi (Ronggodigdo, 2011). Sedimentasi terjadi karena terdapat suplai muatan sedimen yang tinggi di lingkungan pantai, sehingga terjadi pendangkalan di pantai. Proses sedimentasi berlangsung terus berlangsung selama suplai muatan sedimentasi yang banyak dari daratan masih terus terjadi (Sudardjat dkk., 2012).

### 2.2.2 Sedimen dan Sifat-Sifat Sedimen

Sedimen pantai dapat berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai. Ada 3 (tiga) macam pergerakan angkutan sedimen (Ronggodigdo, 2011) yaitu:

#### *a. Bed Load Transport*

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif lambat, sehingga material yang terbawa arus sifatnya hanya menggelinding sepanjang saluran.

#### *a. Wash Load Transport*

*Wash Load* adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang. Sumber utama dari *wash load* adalah hasil pelapukan lapisan atas batuan atau tanah di dalam daerah aliran sungai.



Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif cepat, sehingga material yang terbawa arus membuat loncatan-loncatan akibat dari gaya dorong material tersebut.

*b. Suspended Load Transport*

*Suspended load* adalah material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Jika kecepatan aliran semakin cepat, gerakan loncatan material akan semakin sering terjadi sehingga apabila butiran tersebut tergerus oleh aliran utama atau aliran turbulen ke arah permukaan, maka material tersebut tetap bergerak (melayang) di dalam aliran dalam selang waktu tertentu.

Sifat – sifat sedimen adalah sangat penting di dalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat – sifat tersebut, antara lain ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya (Triatmodjo,1999).

#### **2.2.2.1 Ukuran Partikel**

Dari sifat-sifat yang disebutkan di atas, ukuran partikel dan distribusinya merupakan sifat yang paling penting. *Range* ukuran butir yang berkaitan dengan rekayasa pantai sangat luas sampai 7 order magnitud, mulai dari *clay* sampai sebesar batu pecah untuk *breakwater*.

Tabel 2.1.Klasifikasi ukuran butir dan sedimen (Sumber : Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo: 1999)

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Batu		256	-8
Cobble		128	-7
Koral (pebble)	Besar	64	-6
	Sedang	32	-5
	Kecil	16	-4
	Sangat kecil	8	-3
kerikil		4	-2
Pasir	Sangat Kasar	2	-1
	Kasar	1	0
	Sedang	0.5	1
	Halus	.25	2
	Sangat halus	0.125	3
Lumpur	Kasar	0.063	4
	Sedang	0.031	5
	Halus	0.015	6
	Sangat halus	0.0075	7
		0.0037	8
Lempung	Kasar	0.0018	9
	Sedang	0.0009	10
	Halus	0.0005	11
	Sangat halus	0.0003	12

Untuk klasifikasi sedimen dapat dirumuskan sebagai berikut, dimana  $S_0$  adalah distribusi ukuran sedimentasi :

$$S_0 = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan  $D_p$  merupakan ukuran dimana p% dari berta sampel lebih halus dari diameter butir tersebut. Apabila  $1,0 \leq S_0 \leq 1,5$  ukuran butir pasir seragam, untuk  $1,5 \leq S_0 \leq 2,0$  penyebaran ukuran butiran pasir sedang, sementara untuk  $2,0 \leq S_0$  berarti gradasi ukuran pasir bervariasi (Triatmodjo,1999).

#### 2.2.2.2 Rapat Massa, Berat Jenis dan Rapat Relatif.

Rapat massap adalah massa tiap satuan volume, sedang berat jenis  $\gamma$  adalah berat tiap satuan volume. Terdapat hubungan antara berat jenis dan rapat massa, yang mempunyai bentuk  $\gamma = \rho \cdot g$  .Rapat massa atau berat jenis sedimen merupakan

fungsi dari komposisi mineral. Rapat relatif adalah perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air pada 4°. Rapat massa air pada temperatur tersebut adalah  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Rapat relatif pasir adalah sekitar 2,65.

Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan. Konsentrasi endapan dipengaruhi oleh waktu konsolidasi. Rapat massa adalah konstan selama periode pengendapan. Mulai suatu waktu tertentu rapat massa naik dengan cepat dan kemudian berangsur-angsur samapi dicapai nilai maksimal.

### **2.2.3 Transpor Sedimen Dalam Saluran Terbuka**

Sedimen, yang tersusun dari batuan, mineral, dan material, organik, secara alamiah selalu ada dalam sungai, danau, estuary, dan air laut. Sedimen ini terbawa oleh aliran air dari satu tempat ke tempat yang lain sampai mengendap pada lokasi tertentu. Sedimen yang bercampur air dalam jumlah sedikit tidak membuat warna air berubah, sedangkan pada air yang mengandung dapat berwarna coklat keruh. Sedimen yang terendap pada suatu daerah mempunyai beberapa manfaat bagi kehidupan, antara lain dapat digunakan sebagai bahan konstruksi, bahan *coastal restoration* dan sebagai tempat berkembang biak beberapa spesies air. Sedimen yang terlalu sedikit dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, hal ini terjadi di pantai Louisiana yang setiap tahun tergerus karena transpor sedimen yang berasal dari sungai Missisipi terlalu sedikit. Terlalu banyaknya sedimen juga dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan dan kerugian ekonomis, hal ini dapat dicontohkan pada pelabuhan yang mengalami sedimentasi dapat mengakibatkan pendangkalan, kapal kesulitan keluar masuk kolam labuh, dan kapal harus mengurangi muatan agar tidak kandas (Anally *et al.*, 2004).

Ada tiga faktor utama yang mengontrol sebaran sedimen di daerah pantai, yaitu sumber sedimen, tingkat energi gelombang dan kemiringan pantai. Sebaran sedimen sepanjang profil pantai dihasilkan oleh variasi tegak lurus pantai terhadap ukuran sedimen. Selain itu semuanya tergantung pada gerakan air dan karakteristik material pantai yang terangkut. Pada daerah pesisir pantai gerakan

dari air dapat terjadi karena adanya kombinasi dari gelombang dan arus. Gelombang dan arus memiliki peranan yang sama besarnya dalam mengaduk dan memindahkan material ke tempat lain. Fenomena diatas juga bergantung pada karakteristik dari material dasar pantai dan pengaruh gelombang dan arus. Material dasar laut yang terangkut dapat berupa *bed load* seperti misalnya pasir serta melayang untuk jenis material pantai yang dapat tersuspensi berupa lumpur dan lempung.

Pratikto dkk., (1996) menyatakan bahwa secara umum proses sedimen transpor dapat dibagi dalam 3 tahap, antara lain:

- a. Teraduknya material kohesif dari dasar laut hingga tersuspensi atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut.
- b. Perpindahan material secara horisontal.
- c. Pengendapan kembali partikel/material sedimen tersebut.

### **2.2.2 Pasang Surut**

Air laut selalu mengalami perubahan, terutama dalam hal ketinggian. Beberapa perubahan terjadisetelah beberapa tahun, tetapi sebagian terjadi tiap hari dan dikenal sebagai pasang. Laut naik paling tinggi ketika pasang naik, kemudian kembali ke permukaan paling rendahnya ketika pasang surut. Menurut Triatmodjo (1999), pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Ketika bulan bergerak mengitari bumi, kekuatan gravitasinya menarik air yang paling dekat dari posisinya. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Triatmodjo, 1999).

Elevasi muka air pasang surut ditentukan berdasarkan pengukuran selama 1 hari atau 30 hari. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Muka air laut tinggi (*high water level, HWL*), mukai air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b. Muka air rendah (*low water spring, LWS*), kedudukan air terendah yang

dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.

- c. Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
- d. Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
- e. Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi elevasi di daratan.
- f. Muka air tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- g. Air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Secara umum pasang surut di berbagai daerah dibedakan menjadi 4 tipe (Triadmodjo, 1999) :

1. Pasang Surut Harian Tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan Selat Karimata.

2. Pasang Surut Harian Ganda (*semi diurnal tide*)

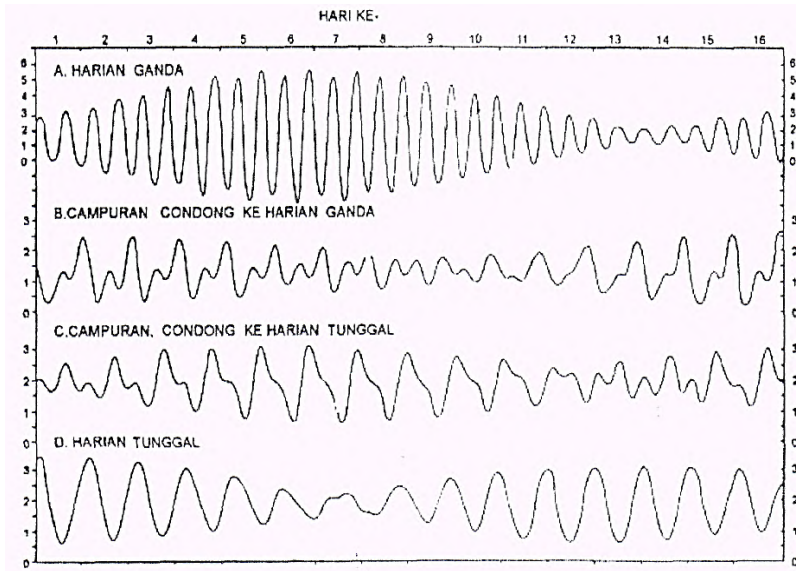
Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terjadi di Selat Malaka sampai Laut Andaman.

3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing diurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terjadi di perairan Indonesia Timur.

4. Pasang Surut campuran Condong Ke Harian Tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut , tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terjadi di Selat Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.



Gambar 2.1 Tipe Pasang Surut

#### 2.2.4 Arus Pasang Surut

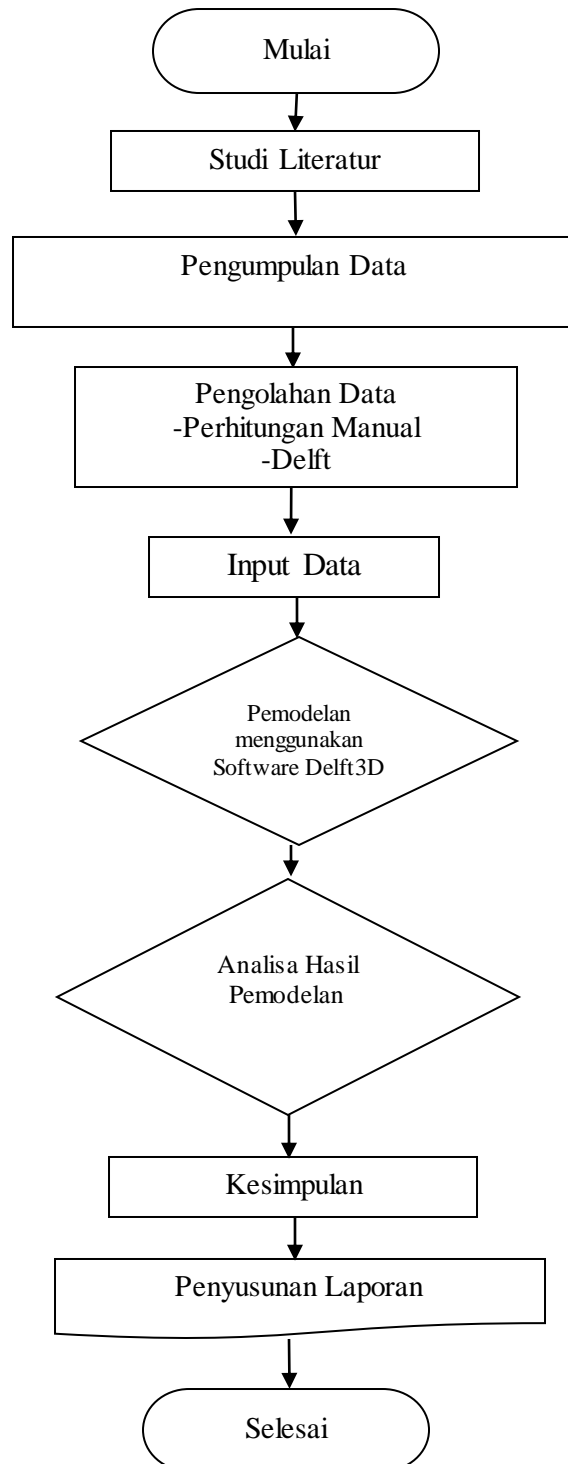
Di samping arus karena debit, juga bekerja arus akibat dari pasang surut pada aliran sungai. Gerak vertikal naik turun permukaan air laut karena pasang surut pada wilayah perairan dan interkasinya dengan batas-batas perairan tempat pasang surut tersebut terjadi menimbulkan gerak badan air ke arah horisontal (Achmad, 2011). Batas-batas perairan tersebut dapat berupa dinding (pantai dan kedangkalan) dan lantai dasar. Istilah arus pasang surut kemudian diberikan pada fenomena ini yang merupakan gerak horisontal badan air menuju dan menjauhi pantai seiring dengan naik turunnya muka air laut yang disebabkan oleh gaya-gaya pembangkit pasang surut.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian secara bagan dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dalam diagram alir pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

### 3.1.1 Studi Literatur.

Penelusuran literatur ini ditujukan untuk lebih memperjelas permasalahan yang ada, pengetahuan tentang perubahan profil pantai, serta hal-hal yang mempengaruhinya. Literatur ini didapatkan dari buku, jurnal, tugas akhir, *website* dan sebagainya.

### 3.1.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data.

Data sebagai input utama yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data arus, pasang surut, batimetri yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Bali Penida. Sebelum melakukan simulasi di butuhkan data. Data yang diperlukan untuk melakukan simulasi ini adalah peta bathimetri, peta topografi, data pasang surut dan data sedimentasi. Sumber peta dan data berasal serta penggunaannya pada simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sumber data dan penggunaannya pada simulasi ini

N	Data	Penggunaan data	Sumber	Spesifikasi Data
1	Peta Bathimetri	Kedalaman area simulasi	BWS BALI PENIDA	Elevasi kontur per 2 m
2	Peta Topografi	Kontur	BWS BALI PENIDA	Elevasi kontur per 2 m
3	Data	Angkutan sedimen	(Anonim, 2012)	Ukuran median sedimen D50
4	Data Pasang	Batasan untuk simulasi arus	BWS BALI	Di ukur selama 15 hari



**a. Peta Bathimetri**

Peta bathimetri merupakan peta yang menunjukkan kedalaman dan bentuk topografi dasar laut. Berisi koordinat  $x$ ,  $y$  dan  $z$ . Cakupan wilayah pengukuran bathimetri ini meliputi jarak dari muara ke lepas pantai sepanjang 1 km, panjang garis pantai 1.2 km. Data bathimetri untuk simulasi Tugas Akhir ini diperoleh dari BWS BALI PENIDA. Peta Bathimetri dapat dilihat pada Lampiran A gambar 3.3.

**b. Peta Topografi**

Peta Topografi merupakan peta yang menunjukkan letak horizontal serta vertikal dari bentuk alam dan buatan manusia dalam bentuk tertentu dengan berdasarkan sistem proyeksi peta yang digunakan serta skala peta. Daerah daratan yaitu sebagai *land boundary* yaitu batasan darat pada daerah simulasi. Wilayah pengukuran topografi sepanjang 1.2 km sejajar garis dan jarak pantai dari muara ke lepas pantai sepanjang 1 km. Peta Topografi dapat dilihat pada Lampiran A gambar 3.3.

**c. Data Sedimentasi**

Data sedimen berfungsi untuk melakukan simulasi *transport* sedimen dasar dan menjadi data masukan atau *input* pada Delft3D-FLOW. Dalam simulasi ini data sedimen yang dimasukkan pada pemodelan hanya sedimen dasar (*bed load*). Ukuran sedimen yang dipakai adalah D50.

#### d. Data pasang surut

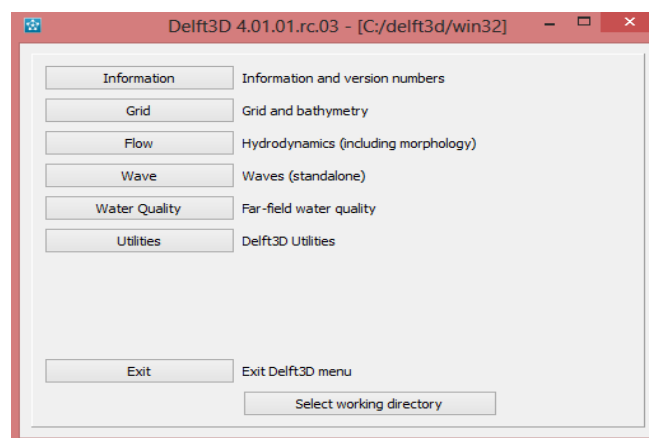
Untuk mengetahui batas – batas muka air laut waktu pasang tertinggi dan saat surut terendah maka harus dilakukan pengukuran pasang surut. Pasang surut terjadi karena pengaruh posisi bumi terhadap bulan dan matahari. Pergerakan muka air akibat pasang dan surut ini menghasilkan arus pasang surut. Data pasang surut akan dimasukkan sebagai nilai batas (*boundary condition*) pada saat pemodelan arus. Komponen – komponen pasang surut yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Komponen Pasang Surut

Amplitudo (m)							
M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4
0.511	0.3128	0.077	0.174	0.171	0.196	0.513	0.036
Phase (°)							
M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4
201.1	358.5	40.74	221.7	114,5	47.25	270.1	182.2

#### 3.1.3 Input Data dan Pemodelan.

Untuk input dan pemodelan mengikuti tahapan-tahapan dalam gambar berikut :



Gambar 3.2 Menu *Software* Delft3D

Untuk memulai simulasi pada Delft3D-FLOW diperlukan daerah simulasi (*domain*) yang menunjukkan daerah yang disimulasi dan batasan daerah simulasi. Daerah simulasi dimasukkan kedalam *grid* dengan menggunakan Delft3D- RGFGGRID dan data batimetri dengan menggunakan Delft3D-QUICKIN. Juga memerlukan data lainnya untuk di *input* agar proses simulasi dapat berjalan. Tampilan Delft3D-FLOW dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.4.

#### **a. Digitasi *Land Boundary***

*Land boundary* merupakan batas yang memisahkan laut dan daratan. Melakukan simulasi membutuhkan data digitasi yang diproses dengan menggunakan *Global Mapper* untuk mengetahui nilai koordinat pada daratan. Daerah yg didigitasi sepanjang 1.2 km sejajar garis pantai dengan menggunakan Global Mapper.

Global Mapper berfungsi untuk mendigitasi daerah yang digunakan untuk simulasi. Peta yang digunakan untuk medigitasi wilayah yang disimulasi bersumber dari *Google Earth*.

Output yang telah didigitasi yaitu dalam bentuk koordinat X dan Y kemudian disimpan dengan format \*.ldb. Setelah tersimpan file tersebut dimasukkan ke dalam Delft3D-RGFGGRID sehingga terbentuk garis pantai dan wilayah daratan dan laut. Hasil digitasi land boundary dapat di lihat pada Lampiran A Gambar 3.5.

#### **b. Pembuatan Grid**

Grid yang dalam bentuk *coordinate cartessian* berbentuk persegi panjang. Pembuatan grid ini menggunakan program Delft3D- RGFGGRID, tujuan dari Delft3D-RGFGGRID ini adalah untuk membuat *grid*, memodifikasi, dan memvisualisasikan orthogonal untuk Delft3D-FLOW. Grid yang dibuat dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.6.

### c. Pemasukan data kedalaman

Delft3D-QUICKIN berfungsi untuk membuat, dan menghasilkan dalam gambar koordinat hasil survey batimetri ke dalam bentuk model bathimetri. Data kedalaman digunakan sebagai data input bathimetri pada system Delft3D-FLOW. Tanda positif (+) digunakan sebagai data kedalaman di laut, sedangkan untuk tanda negatif (-) digunakan sebagai data elevasi di darat. Dari hasil pengukuran di lapangan akan didapat data dalam bentuk \*.xyz kemudian diekspor ke *textpad* dan disimpan dalam bentuk \*.xyz. Hasil input kedalaman yang telah dilakukan dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.7.

### d. *Description*

*Description* adalah bagian DELFT3d FLOW yang menginformasikan simulasi yang dilakukan atau untuk mendeskripsikan tujuan dari simulasi yang akan dilakukan. Tampilan *menu description* dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.8.

### e. *Domain*

*Domain* merupakan area permodelan yang akan dilakukan simulasi. Cakupan wilayah domain pada daerah simulasi adalah 1.2 km sejajar garis pantai dengan luasan 1 km ke kiri dan 1km ke kanan. Parameter data grup *Domain* berisikan beberapa sub-data yaitu *Grid parameters*, *Bathymetry*.

- *Grid paramteres* adalah sub-data hasil dari yang telah dibuat pada Delft3D-RGFGRID dan dengan tipe koordinat cartessian. Tampilan *menu Grid parameters* dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.9.

- *Bathymetry* adalah sub-data yang berguna untuk menginput data kedalaman yang telah dimasukkan sebelumnya pada Delft3D-QUICKIN. Tampilan *menu* Bathymetri dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.10.

#### **f. *Time Frame***

*Time frame* merupakan menu yang berfungsi untuk memulai awal mulai simulasi yang merekam setiap simulasi dalam interval menit. Sub-data *time frame* terdiri dari:

- *References date* adalah sub-data yang mengenai tanggal simulasi.
- *Simulation start time* adalah sub-data mengenai tanggal dan waktu mulainya simulasi.
- *Simulation stop time* adalah sub-data mengenai tanggal dan waktu berhentinya simulasi.
- *Time step* adalah sub-data mengenai interval waktu yang diminta untuk menghasilkan *output* data hasil perhitungan.

Tampilan *menu* *Time frame* dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.11

#### **g. *Processes***

*Processes* digunakan sebagai input tambahan dalam simulasi. Parameter *Processes* terdiri dari dua data grup yaitu *constituents* dan *physical*. Sub-data *constituents* yaitu *salinity*, *temperature*, *pollutants and tracers*, dan *sediments*. Sedangkan sub-data *physical* yaitu dari *wind*, *waves*, *secondary flow*, dan *tidal forces*. Untuk simulasi ini untuk data grup *Constituents* memakai sub-data *sediments*, selanjutnya memilih *sediment cohesive*. Pada data grup *physical* memakai sub-data *secondary flow*. Tampilan *menu* *Processes* dapat lihat pada Lampiran A Gambar 3.12.

#### **h. *Boundaries***

*Boundaries* merupakan grup yang berisi batasan – batasan dalam pemodelan, titik observasi, jenis, dan semua yang diperlukan untuk pemodelan. Pada bagian ini akan diisi nilai – nilai batas untuk pasang surut dalam bentuk komponen hidrodinamika pasang surut dan nilai konsentrasi batas pada sedimen di bagian *open boundaries*. Komponen yang digunakan adalah *astronomic* dengan tipe pasang surut diurnal dan semidiurnal. Tampilan area boundaries dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 3.13.

#### **i. *Physical parameters***

*Physical parameters* merupakan parameter fisik yang berkaitan dengan kondisi area permodelan. Parameter tersebut meliputi *constant*, *roughness*, *viscosity*, *sediment*, dan *morphology*. Data – data yang diinput pada *Physical Parameters* dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai – nilai Parameter Fisik Pemodelan Morfologi

No.	Jenis Data	Nilai
	Konstanta:	
1	Percepatan	$9,81 \text{ m/s}^2$
2	Berat jenis air	$1024 \text{ kg/m}^3$
	Kekasaran:	
1	Koef. Manning (seragam)	0,024
	Viskositas:	
1	Viskositas horizontal eddy	$1 \text{ m}^2/\text{s}$
2	Diffusifitas horizontal eddy	$10 \text{ m}^2/\text{s}$
	Sedimen:	
1	Reference density for hindered settling	$1600 \text{ kg/m}^3$

2	Berat jenis	2650 kg/m <sup>3</sup>
3	Berat kering	500 kg/m <sup>3</sup>
4	Diameter median sedimen (D50)	348µm
5	Ketebalan lapisan sedimen awal pada dasar	5 m
	Morfologi:	
2	Interval perputaran sebelum perubahan	720 min
3	Kedalaman minimal untuk perhitungan sedimen	0,1 m
4	Faktor ketinggian referensi Van Rijn	1
5	Ketebalan kritis sedimen	0,05 m
6	Factor for erosion of adjacent dry cells	0

#### i. *Monitoring*

Pada data grup *monitoring* berisi *observation point*, *drogues*, dan *cross-section*. Dalam pemodelan ini hanya menggunakan sub-data *observation points*. Observation yaitu melihat setiap waktu perhitungan ketika pemodelan pada titik yang dipilih. Lokasi titik observasi dapat lihat pada Lampiran A Gambar 3.14.

#### j. *Output*

*Output* dipakai untuk mengatur hasil simulasi. Data grup output terdiri dari *storage*, *print*, dan *details*. Sub-data yang dipakai adalah *storage*. *Storage* merupakan bagian sub-data yang berisikan semua data output hasil simulasi yang dilakukan. Tampilan *menu* Output dapat lihat pada Lampiran A Gambar 3.15.

#### **3.1.4 Analisa Hasil.**

Hasil akhir dari pemodelan software Delft3D ini berupa nilai dan grafik yang menunjukkan perubahan profil pantai Tangtu. Hasil ini kemudian di analisa untuk memprediksi perubahan profil pantai.

#### **3.1.5 Kesimpulan.**

Dari hasil analisa data yang diperoleh dan hasil pengembangan model yang telah dilakukan, maka akan dibuat suatu kesimpulan tentang hasil simulasi yang telah dilakukan. Kemudian akan disusun laporan sesuai dengan format yang berlaku.



## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA

#### 4.1 Lokasi Studi

Lokasi daerah studi berada di wilayah Kota Denpasar, tepatnya di Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar Bali terletak antara koordinat  $8039'16.08''$  LS dan  $115016'4.26''$  BT sampai dengan  $80.9'0.44''$ LS dan  $115016'28.04''$ BT.

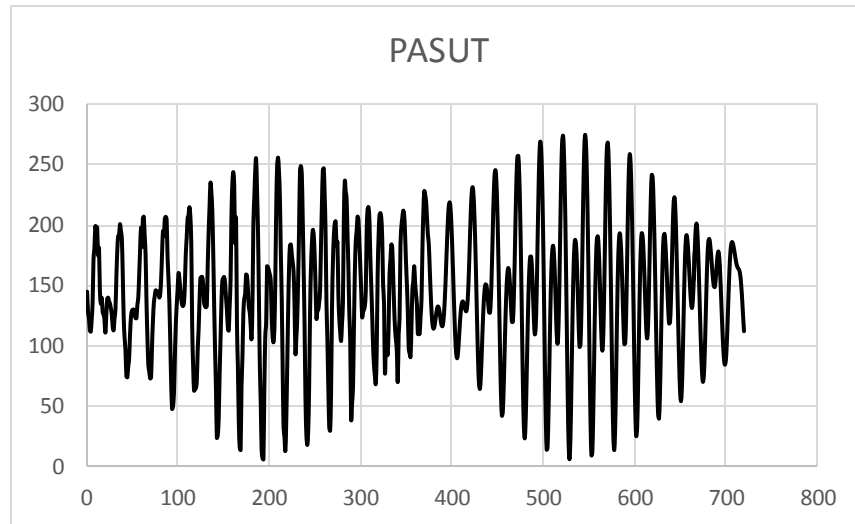


**Gambar 4.1** Lokasi studi ([www.googleearth.com](http://www.googleearth.com))

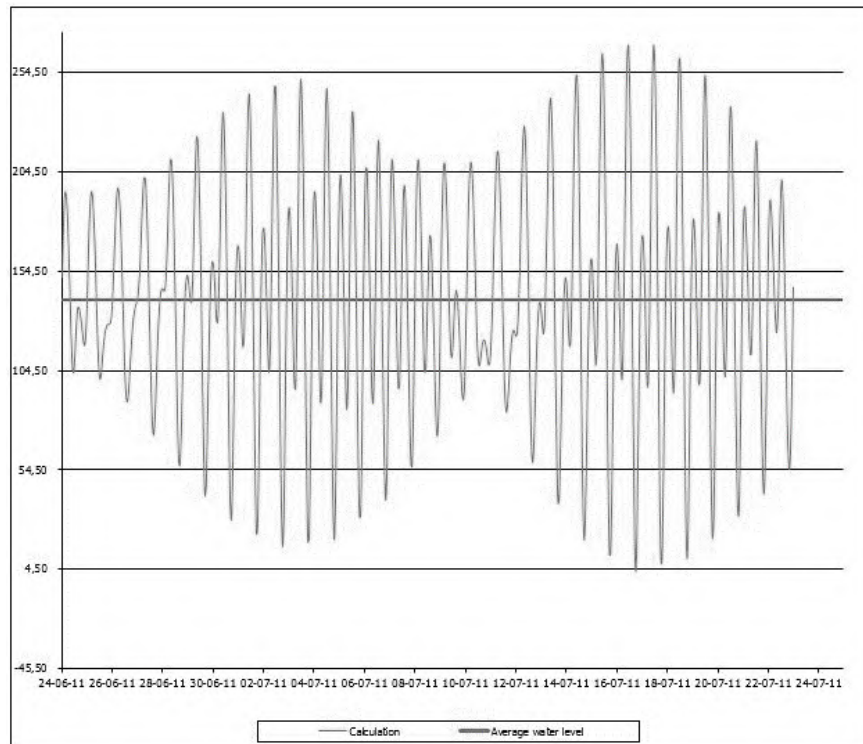
#### 4.2 Hasil

##### 4.2.1 Hasil Pengamatan Pasang Surut

Pengamatan pasang surut dilaksanakan selama 30 hari dengan pembacaan elevasi air laut setiap satu jam. Berdasarkan pengamatan pasang surut di perairan Tangtu, diperoleh hasil komponen pasang surut yaitu nilai Tinggi Muka Air Rata-rata (*Mean Sea Level*), Tinggi Muka Air Tinggi Tertinggi (*High Highest Water Level*), Tinggi Muka Air Rendah Terendah (*Low Lowest Water Level*) berturut-turut sebesar 140.7 cm, 328.9 cm, dan -47.5157 cm.



**Gambar 4.2** Grafik pasang surut hasil pengamatan



**Gambar 4.3** Grafik pasang surut hasil pengukuran Metode *Least Square*

Pengolahan data pasang surut dilakukan menggunakan Metode *Least Square* untuk mengetahui komponen amplitudo dan fase pasang surut yaitu  $S_0$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $P_1$ ,  $M_4$ ,  $MS_4$  dengan *relative error* sebesar 0.029%. Nilai komponen amplitudo dan fase pasang surut yaitu  $S_0$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,

P1, M4, MS4 tersebut selanjutnya digunakan untuk masukan data pada model simulasi. Data komponen pasang surut seperti disajikan dalam **Tabel 4.1**

**Tabel 4.1** Komponen Pasang Surut Perairan Tangtu

Amplitudo (m)							
M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4
0.5118	0.3128	0.0773	0.174	0.1719	0.1967	0.5136	0.036
Phase (°)							
M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4
201.17	358.53	40.744	221.72	114,54	47.253	270.12	182.2

Data komponen pasang surut selanjutnya digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut di perairan tersebut dengan persamaan 2.2. Maka didapatkan bilangan Formzal sebesar 0.635. Berdasarkan bilangan Formzal maka tipe pasang surut untuk wilayah Perairan Tangtu adalah campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevelailing semidiurnal tide). Pasang surut campuran condong ke harian ganda adalah dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur. Selanjutnya berdasarkan nilai konstanta pasang surut dilakukan perhitungan tinggi water level desain seperti disajikan di bawah ini pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Elevasi Air Hasil Perhitungan *Least Square*

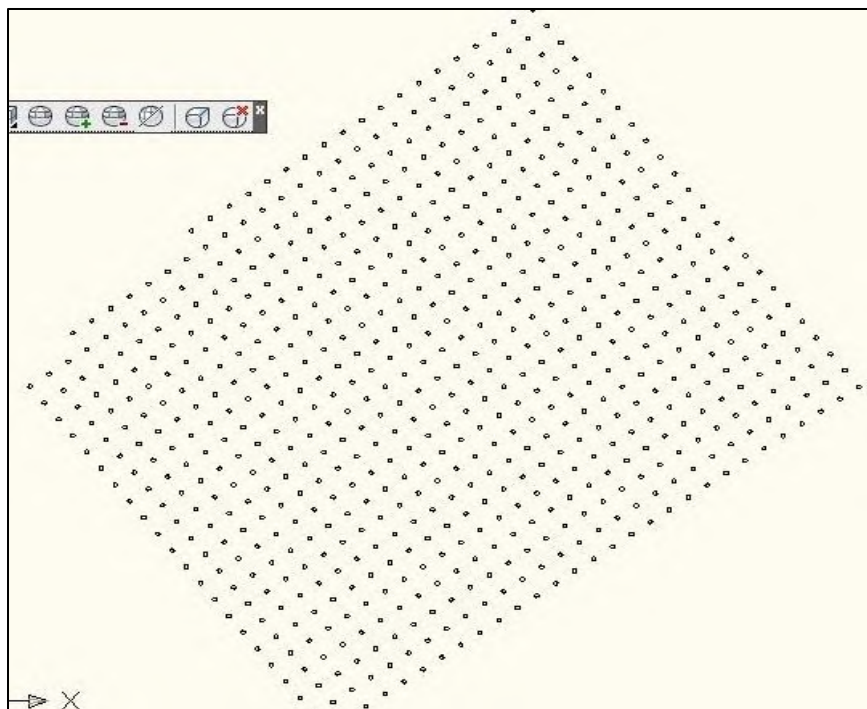
Simbol	Formula	Elevasi (cm)
HHWL	$Z_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$	328,9044
MHWL	$Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$	228,7503
MSL	$Z_0$	140,6944
MLWL	$Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$	52,6384
CDL	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$	21,3490

LLWL	$Z_0-(M_2+S_2+K_2+K_1+O_1+P_1)$	-47,5157
LAT	$Z_0-(\text{all constituents})$	-61,7190

Hasil dari perhitungan metode *Least Aquare* sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada grafik pasang surut dari pengukuran langsung bahwa air tertinggi memiliki elevasi 3,289 m dan air terendah sebesar -0.475 m dari MSL.

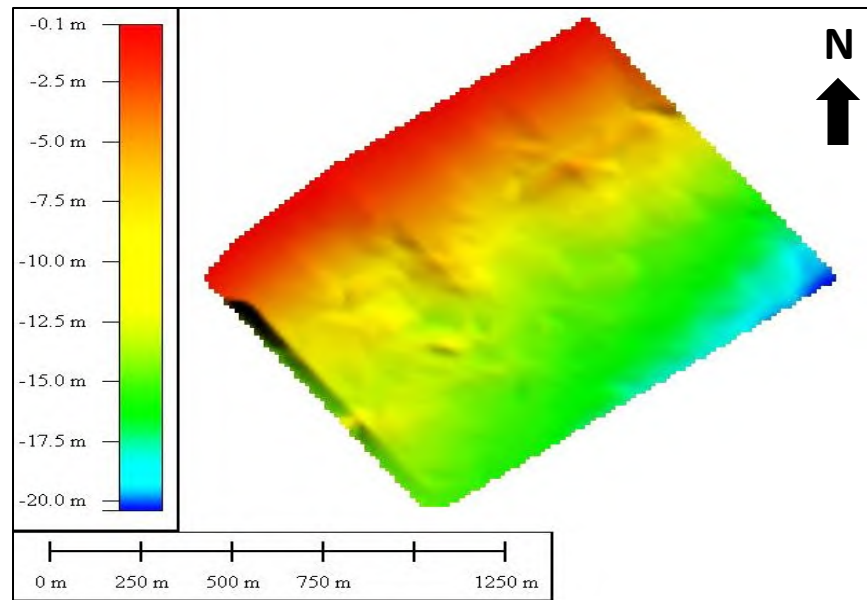
#### 4.2.2 Data Batimetri

Data batimetri yang digunakan pada pengerjaan Tugas Akhir berdasarkan pengukuran langsung atau pemeruman (*sounding*) dengan alat *Echosounder* dan *GPS MAP*. Daerah yang diukur meliputi seluruh wilayah studi. Hasil pengukuran batimetri berupa data yang berisi titik-titik yang merupakan koordinat setiap pengukuran yang dilakukan yang berisi koordinat x, y dan elevasi kedalaman. Data koordinat dan kedalaman secara lengkap disajikan di lampiran.. Gambar titik-titik pengukuran koodinat dan kedalaman disajikan di bawah ini pada Gambar 1.6



**Gambar 4.4** Titik-titik pengukuran Batimetri

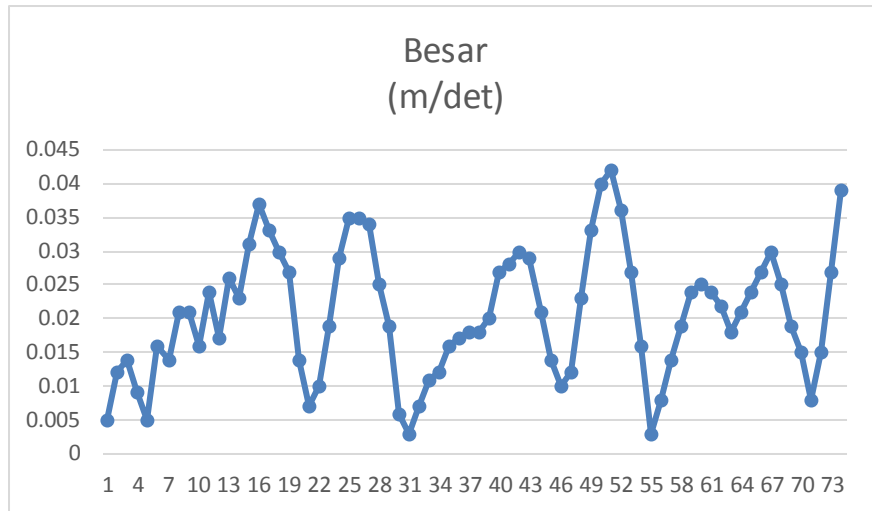
Legenda warna pada peta batimetri (Gambar 1.7) menunjukkan kedalaman batimetri dengan pengukuran batimetri dari kedalaman 0 m hingga kedalaman 20 meter.



**Gambar 4.5** Peta Batimetri Pantai Tangtu

#### 4.2.3 Data Arus

Pengukuran arus dilakukan selama tiga hari setiap satu jam. Berdasarkan hasil pengamatan arus pasang surut di Persairan Tangtu, terlihat bahwa arus pasang surut yang terjadi relatif kecil, yaitu kecepatan arus terkecil yakni 0.003 m/s dan kecepatan arus tertinggi yakni 0.042 m/s, kecilnya kecepatan arus disebabkan karena Perairan Tangtu termasuk pada perairan terbuka sehingga kecepatan arus pasang surut yang dihasilkan sangat kecil. Berdasarkan pengamatan pasang surut diketahui kecepatan arus rata-rata sebesar 0.020689 meter perdetik. Data pengukuran arus Pantai Tangtu secara lengkap disajikan dalam lampiran. Gambar grafik kecepatan arus disajikan di bawah ini pada Gambar 4.6



**Gambar 4.6** Grafik pengamatan kecepatan arus pasang surut

### 4.3 Ruang Lingkup Pemodelan

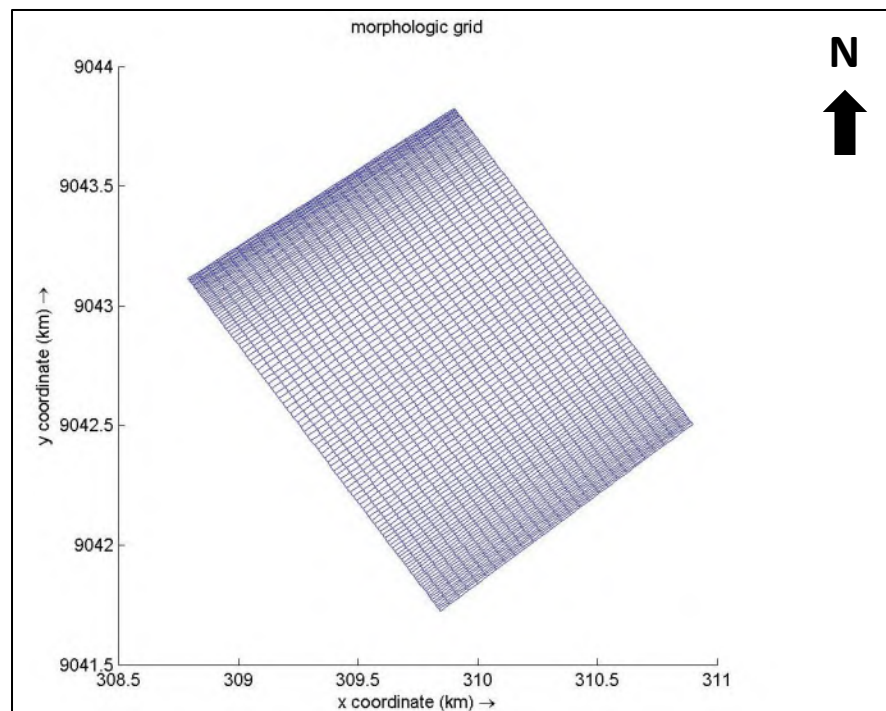
#### 4.3.1 Grid Pemodelan

Model grid yang digunakan dalam Delft3D-flow adalah grid kurvalinier (**Gambar 4.7**). Pengaturan grid ini menggunakan metode beda hingga (*Finite Difference Method*). Titik acuan (0.0) pada model Delft3D-flow adalah laut lepas (laut dalam).

Untuk memilih ukuran grid dan langkah waktu perlu diperhatikan stabilitas perhitungan. Syarat stabilitas untuk model yang digunakan kali ini adalah stabilitas berdasar pada Courant Fredrich-Lewy (CFL) sebagai berikut :

$$\sqrt{2gH_{\max}} \leq \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Berdasarkan persamaan di atas maka dipilih domain berukuran 1.2 km x 2 km grid beda hingga dibuat dengan resolusi minimum sebesar 7.8 m , maksimum 48.5 m. Jumlah *grid* pada arah x adalah 110 dan pada arah y 29, jumlah seluruh grid elemen sebanyak 2916 dengan langkah waktu (*time frame*) sebesar 10 menit.

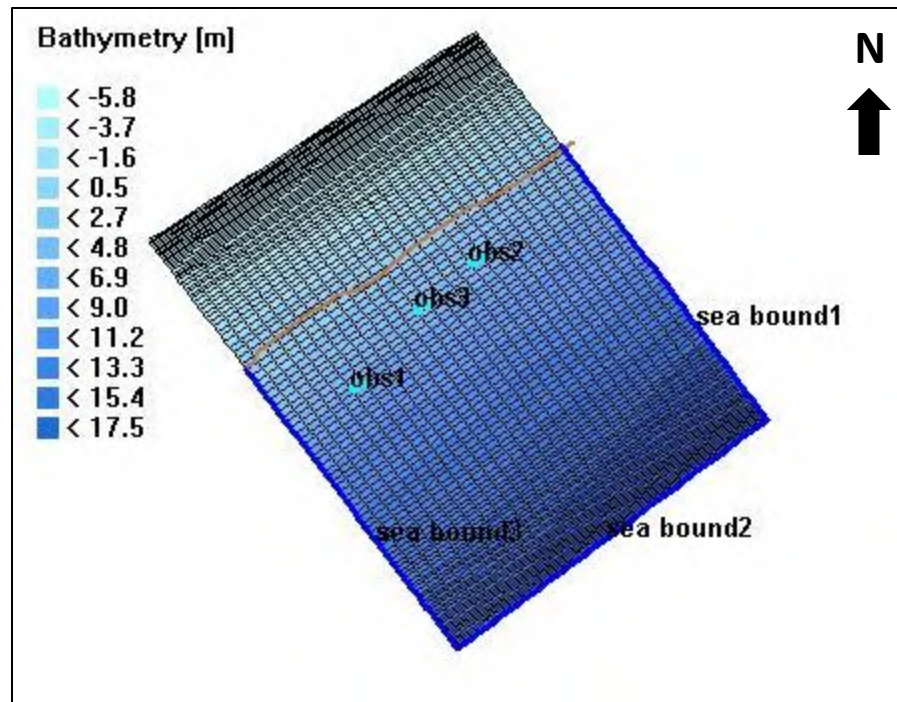


**Gambar 4.7** Grid Pemodelan

#### 4.3.2 Kondisi batas dan kondisi awal pemodelan

Kondisi batas pemodelan menggunakan dua kondisi batas, yaitu kondisi batas terbuka dan kondisi batas tertutup. Kondisi batas terbuka (*open boundary*) terdapat di sebelah sisi timur (east), sisi selatan (South) dan sisi barat (West) daerah model, kondisi batas tertutup (*closed boundary*) berupa daratan (**Gambar 4.8**) .

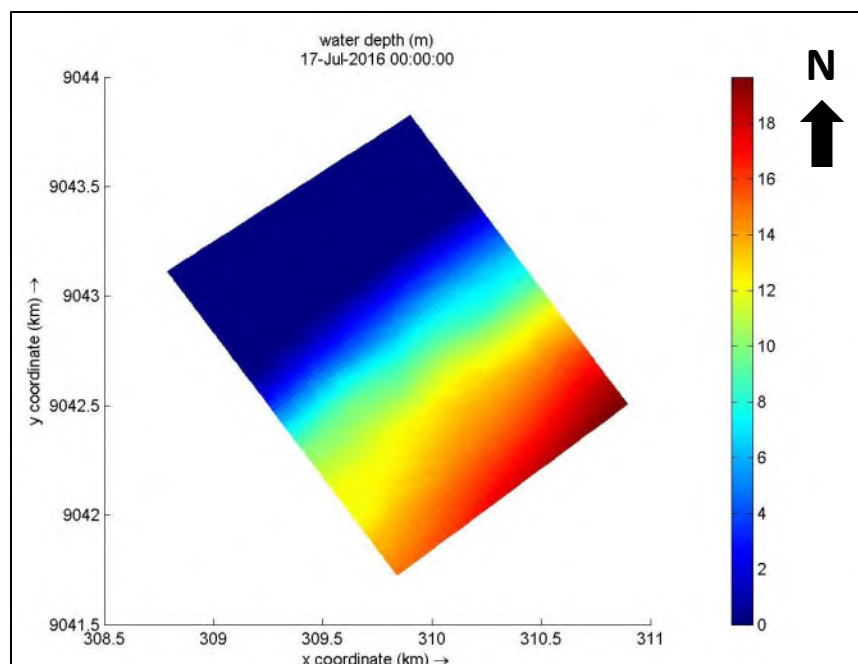




**Gambar 4.8** Kondisi batas pemodelan

### 4.3.3 Kedalaman Perairan

Domain model pada simulasi ini seluas 1.2 km x 2 km dengan variasi kedalaman yang berbeda (**Gambar 4.9**).



**Gambar 4.9** Kedalaman Perairan



Kedalaman 0-10 m berada pada jarak 0.5 km dari garis pantai. Kedalaman 20 m berada pada jarak 1 km dari garis pantai.

#### 4.3.4 Parameter model

Parameter perhitungan model dibedakan menjadi dua, yaitu model hidrodinamika dan model transport sedimen (Tabel 4.4), untuk model hidrodinamika dituliskan sebagai berikut :

Lama simulasi : 365 hari (1 tahun)

Langkah waktu : 10 menit

Input data : batimetri, pasang surut, arus, sedimen

Data pasang surut dan data sedimen digunakan sebagai input data kondisi batas.

**Tabel 4.3** Nilai Amplitudo dan fase pada komponen pasut sebagai batas terbuka pemodelan.

Titik batas terbuka	A							
	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4
	0.511	0.312	0.077	0.174	0.171	0.196	0.513	0.0363
Titik batas terbuka	P							
	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4
	201.1	358.5	40.74	221.	114,5	47.25	270.1	182.29

**Tabel 4.4** Parameter model untuk transpor sedimen

Parameter	Nilai
Spesific density	2650 kg/m <sup>3</sup>
Dry bed density	500 kg/m <sup>3</sup>
Settling velocity $w_s$	0.013 mm/s
Critical bed shear strees for sedimentation $\tau_{cd}$	0.145 N/m <sup>2</sup>

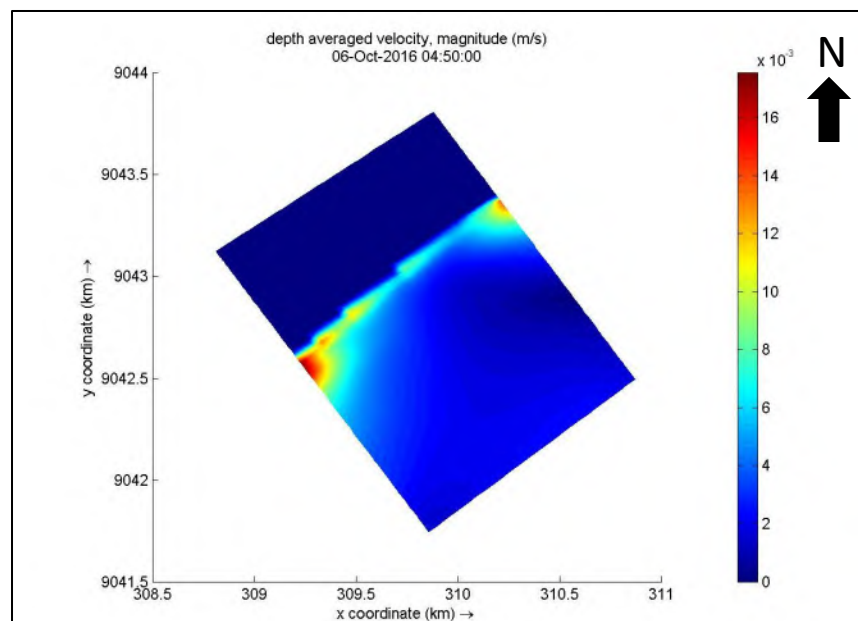
Critical bed shear stress for erosion $\tau_{ce}$	0.3 N/m <sup>2</sup>
Erosion parameter M	0.01 kg/m <sup>2</sup> /s
Sediment layer thickness	0.05 m
Secondary flow	0.02 m/s

#### 4.4 Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan diperoleh hasil diantaranya kondisi simulasi arus, kondisi laju sedimentasi dan perubahan garis pantai pada daerah penelitian.

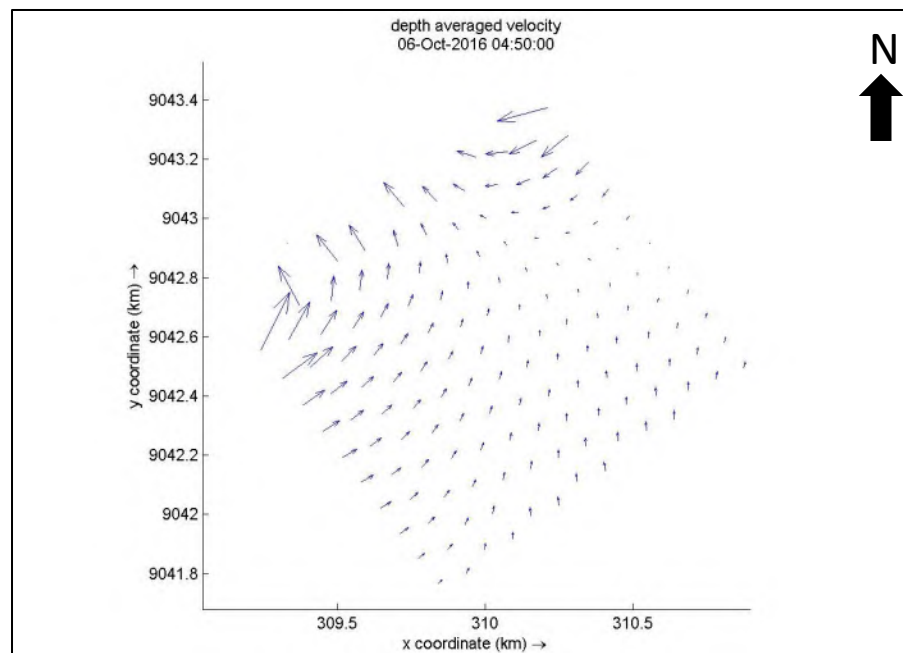
##### 4.4.1 Simulasi Kondisi Arus

Pada Gambar 4.10 menunjukkan pergerakan arus pada tanggal 6 Oktober 2016 pukul 04:50 yaitu pada kondisi surut. Arus dominan bergerak dari kedalaman 0 meter hingga di kedalaman 6 meter, sedangkan pada kedalaman lebih dari 6 meter arus tidak begitu berpengaruh. Arus bergerak di sepanjang garis Tangtu dengan kecepatan 0.005m/s hingga 0.016 m/s.



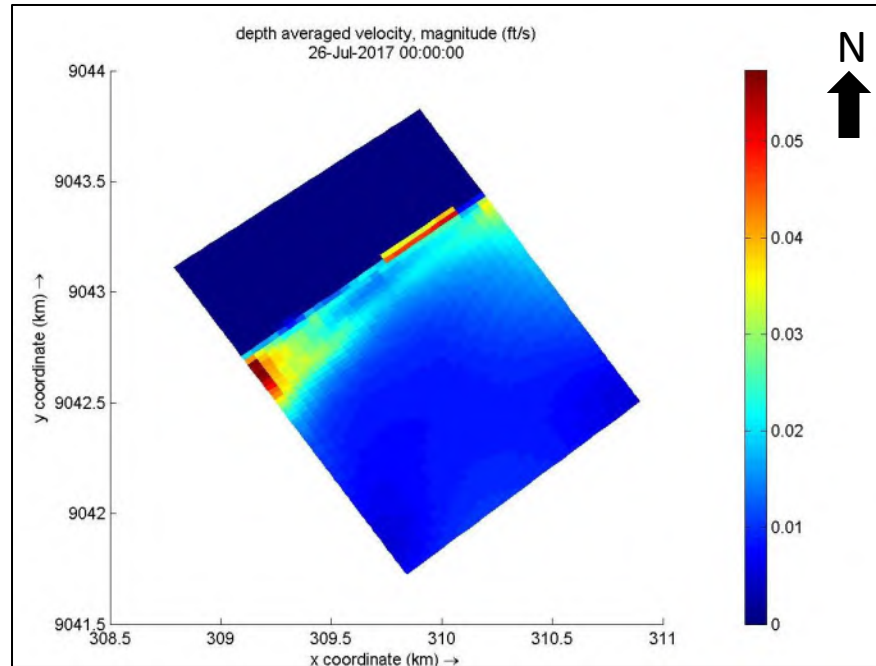
**Gambar 4.10** Pola arus pada tanggal 6 Oktober 2016 pukul 04:50

Pada Gambar 4.11 menunjukkan vector kecepatan arus pada tanggal yang sama yakni paada tanggal 6 Oktober 2016 pukul 04:50 yaitu pada kondisi surut. Arus dominan bergerak dari laut dalam ke perairan dangkal hingga ke garis pantai. Arah arus dominan bergerak dari dua arah yakni pertama arus bergerak dari laut dalam arah timur laut kemudian berbelok menuju barat laut ke arah garis pantai dan kedua arus bergerak dari laut dalam arah barat daya kemudian arus berbelok menuju barat laut ke arah garis pantai bersatu dengan arus dari arah timur laut.



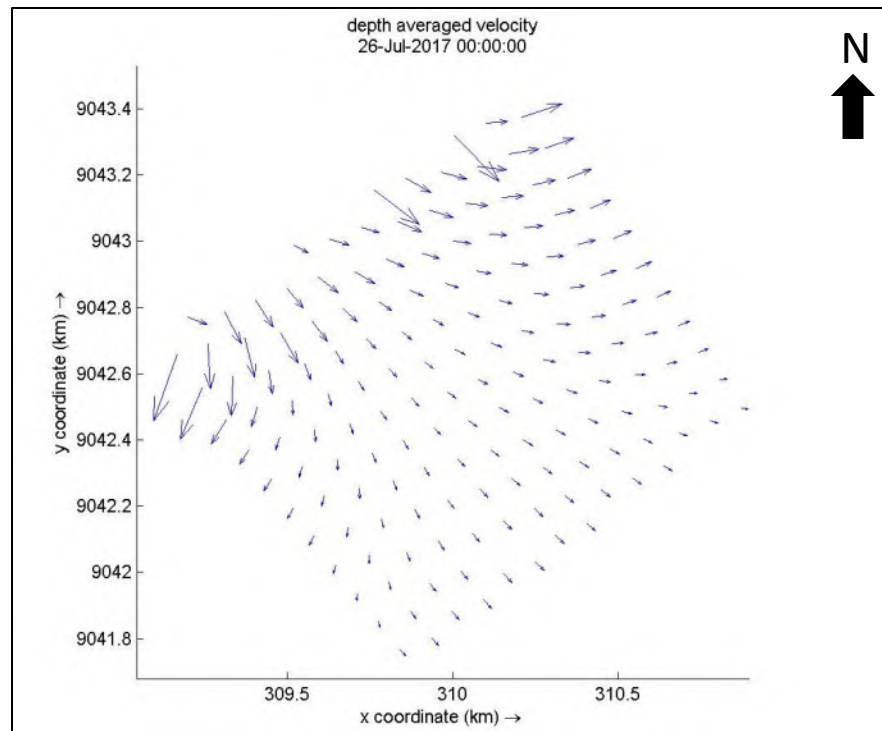
**Gambar 4.11** Vector kecepatan arus tanggal 6 Oktober 2016 pukul 04:50

Pada Gambar 4.12 menunjukkan pergerakan arus pada tanggal 26 Juli 2017 pada pukul 00:00 yaitu pada kondisi pasang. Arus dominan bergerak dari kedalaman 0 meter hingga di kedalaman 6 meter, sedangkan pada kedalaman lebih dari 6 meter arus tidak begitu berpengaruh. Arus bergerak di sepanjang garis Tangtu dengan kecepatan 0.01 m/s hingga kecepatan terbesar 0.05 m/s.



**Gambar 4.12** Pola arus pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 00:00

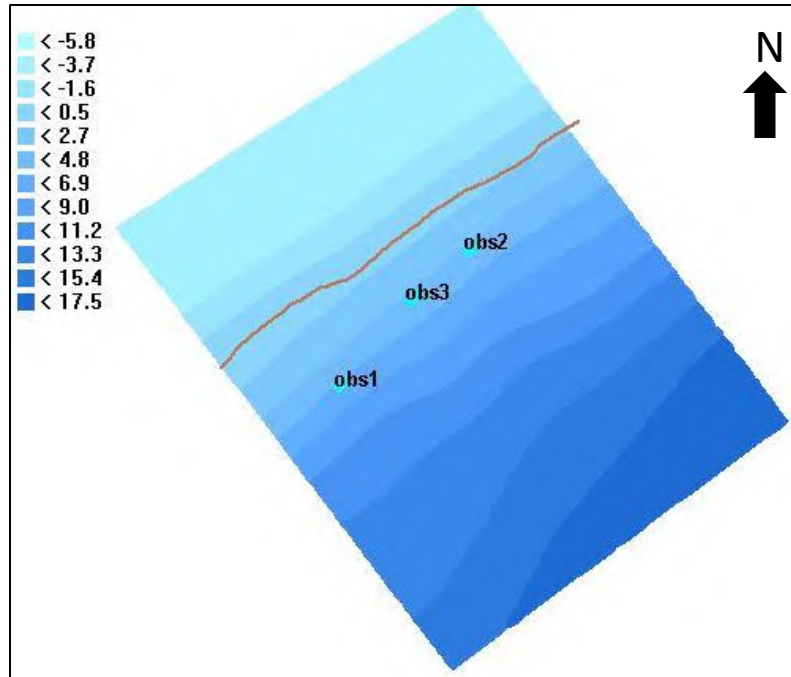
Pada Gambar 4.13 menunjukkan vector kecepatan arus pada tanggal yang sama yakni pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 00:00 yaitu pada kondisi pasang. Arus dominan bergerak dari laut dangkal menuju ke laut dalam. Arah arus dominan bergerak dari dua arah yakni pertama arus bergerak dari garis pantai arah barat laut kemudian berbelok ke arah barat daya menuju laut dalam dan yang kedua arus bergerak dari garis pantai arah barat laut kemudian arus berbelok ke arah timur laut menuju ke laut dalam.



**Gambar 4.13** Vector kecepatan arus tanggal 26 Juli 2017  
pukul 00:00

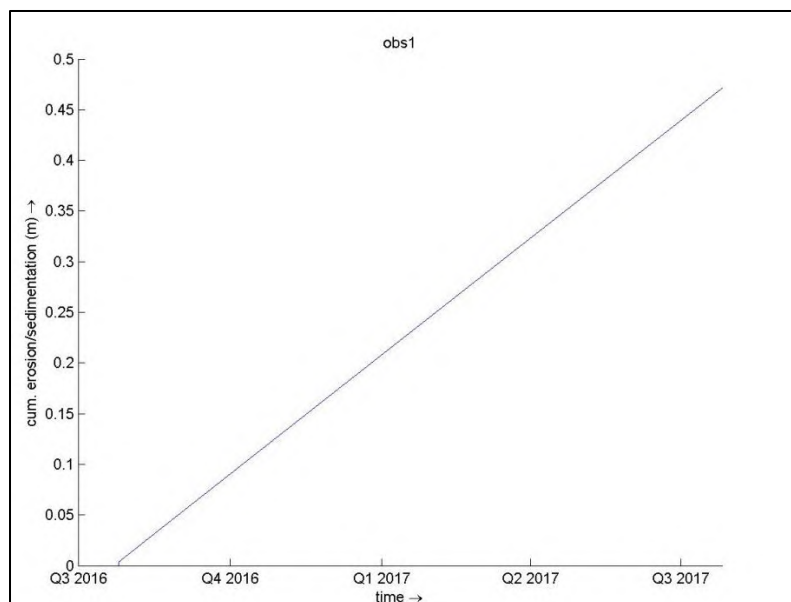
#### 4.4.2 Hasil dan Analisa Laju Erosi atau Sedimentasi

Analisa laju erosi atau sedimentasi dengan meninjau dari satu atau lebih titik tinjau atau *observation point*. Penulis meninjau dari 3 titik *observation point* yang letaknya ditampilkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Lokasi *observation point*

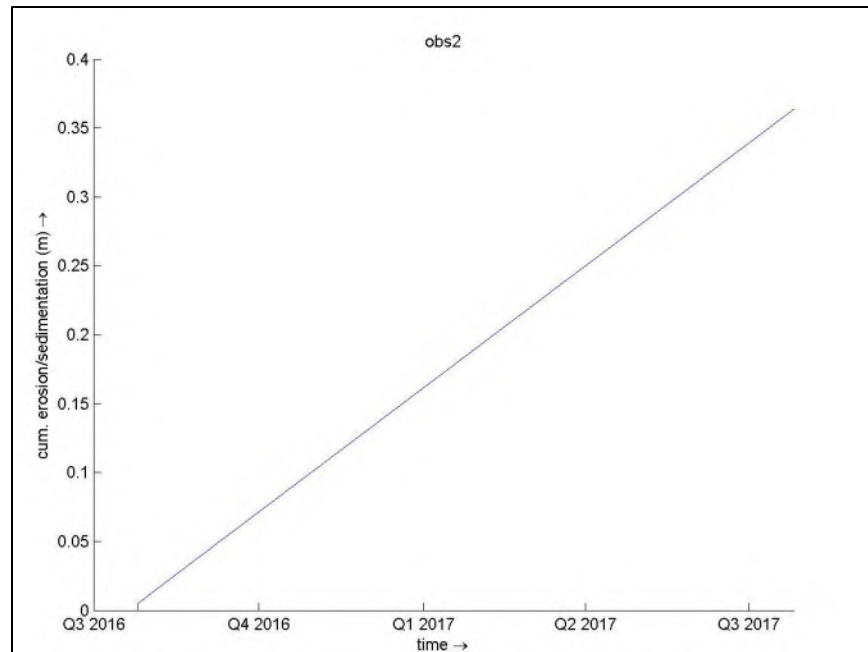
Pada Gambar 4.15 sampai Gambar 4.17 menunjukkan laju erosi/sedimentasi pada masing-masing titik observasi. Arah Y positif menunjukkan laju sedimentasi dan arah Y negatif menunjukkan erosi.



Gambar 4.15. Kurva laju sedimentasi yang terjadi selama simulasi pada titik observasi 1

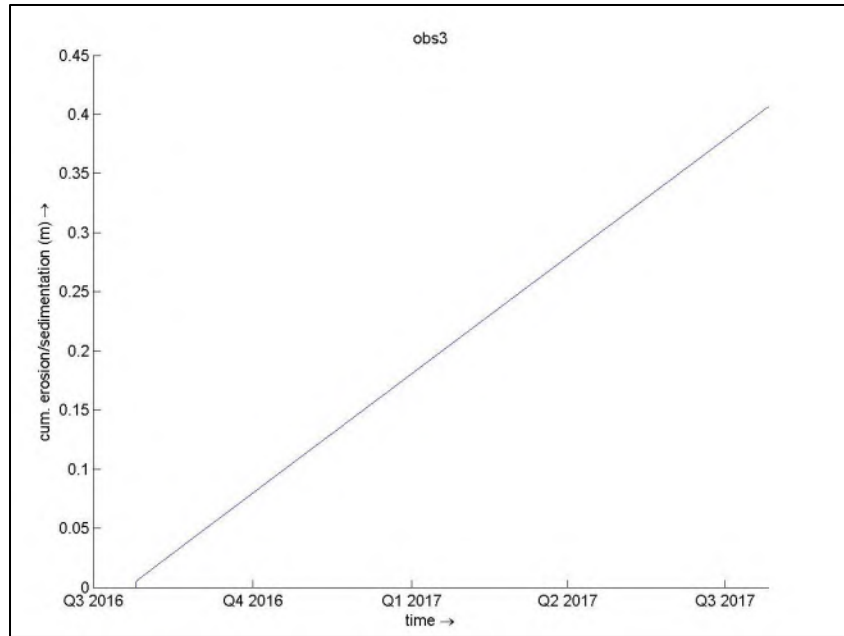
Pada *oservation point* 1 di kedalaman 5 meter terjadi sedimentasi sebesar 0.5 meter ditampilkan pada Gambar 4.15.

Pada titik observasi 2 di kedalaman 3 meter. Menghasilkan sedimentasi sebesar 0.37 meter seperti ditampilkan pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Kurva laju sedimentasi yang terjadi selama simulasi pada titik observasi 2

Pada titik observasi 3 di kedalaman 3 meter relatif hampir sama pada titik observasi 2 dikarenakan berada pada kedalaman yang sama pada 3 meter. Menghasilkan sedimentasi dengan kondisi yang relatif sama besar yakni sebesar 0.4 meter seperti ditampilkan pada Gambar 4.17.



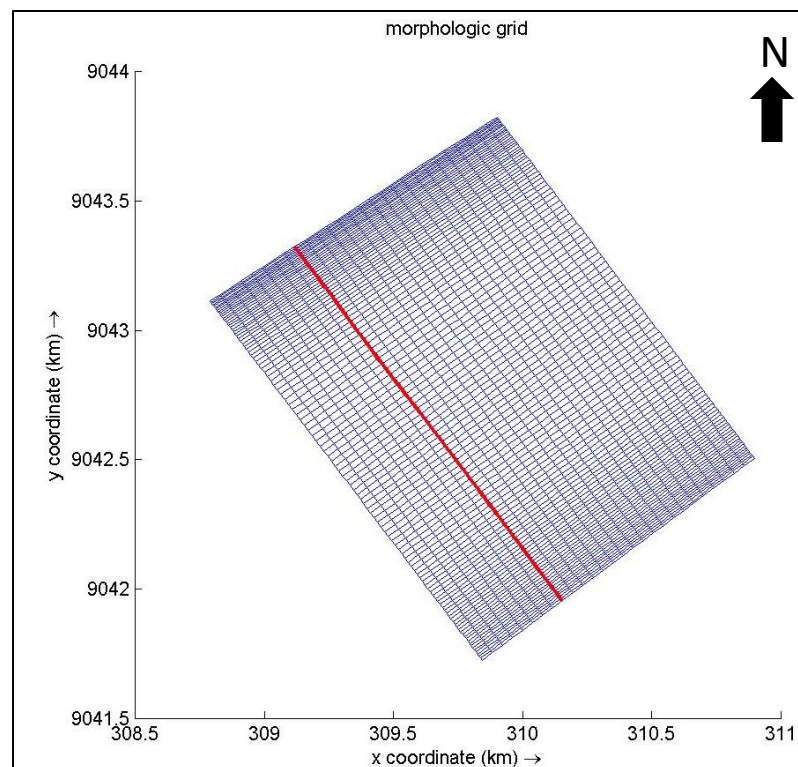
Gambar 4.17 Kurva laju sedimentasi yang terjadi selama simulasi pada titik observasi 3



#### 4.4.3 Hasil dan Analisa Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai bisa dianalisa dengan membandingkan hasil output simulasi pada *software* DELFT3D setiap 6 bulannya yakni pada awal simulasi, pertengahan simulasi, akhir simulasi dengan total lama simulasi selama setahun.

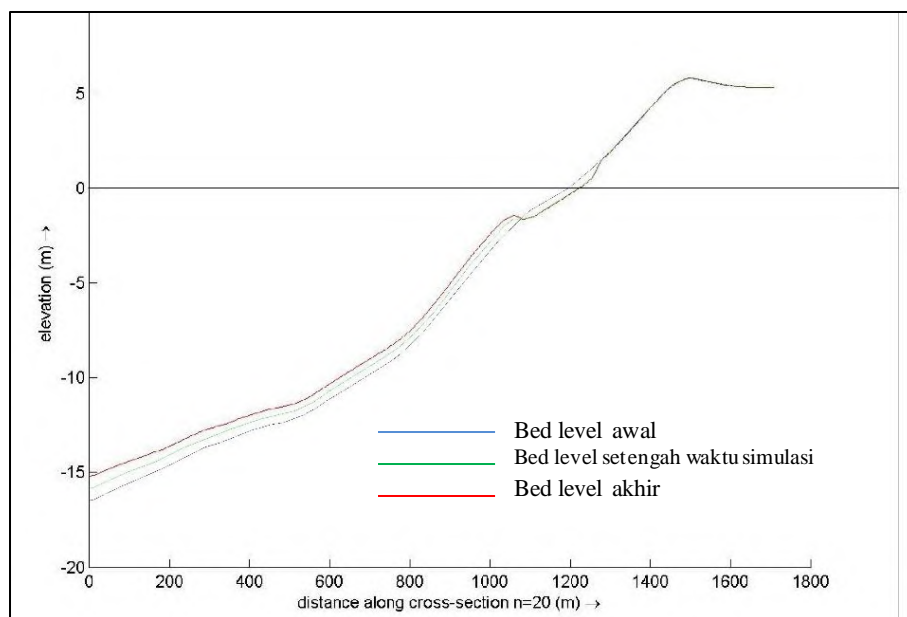
Pada Gambar 4.18 merupakan *cross section* 20 yang akan ditinjau perubahan garis pantai dengan menunjukkan dasar perairan hingga ke daratan pada *cross section* tersebut pada setiap awal, pertengahan dan akhir simulasi. *Bed level* pada *cross section* akan ditampilkan dalam bentuk kurva pada Gambar 4.19.



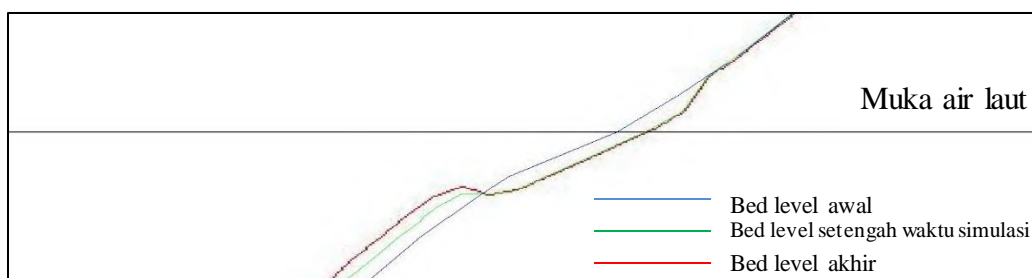
**Gambar 4.18** Bed level pada cross section 20

Pada Gambar 24 merupakan grafik bed level pada cross section 20 yang menampilkan profil dasar perairan dan daratan setiap awal, pertengahan dan akhir simulasi selama satu tahun.

Grafik *bed level* awal simulasi adalah berwarna biru, grafik *bed level* pertengahan simulasi berwarna hijau, dan grafik *bed level* akhir simulasi adalah berwarna merah.



**Gambar 4.19** Grafik *bed level* awal, pertengahan dan akhir simulasi

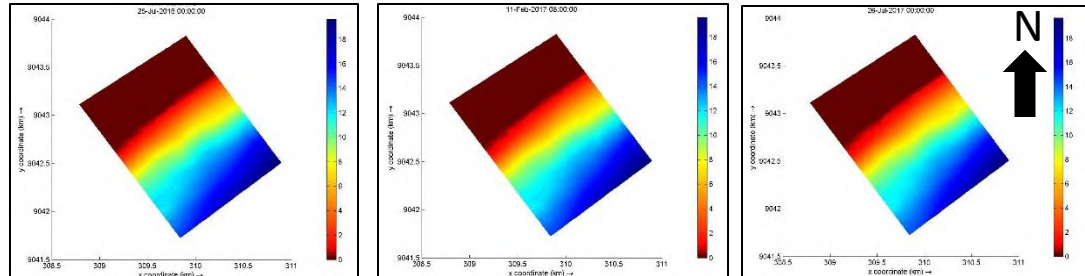


**Gambar 4.20** Grafik *bed level* awal, pertengahan dan akhir simulasi

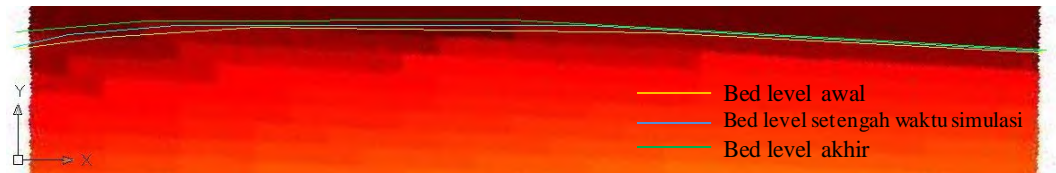
Dalam **Gambar 4.19** dan **Gambar 4.20** Menampilkan perubahan bed level setiap 6 bulan. Terjadi pendangkalan pada kedalaman 3 meter hingga ke kedalaman 17 meter. Pada awal simulasi pada batimetri paling dalam awalnya 16 meter kemudian pada 6 bulan kemudian kedalamannya menjadi 15.5 meter dan setahun kemudian kedalamannya menjadi 15 meter. Pada garis pantai selama 1 tahun simulasi terjadi kemunduran garis pantai yakni sebesar 3.1 meter.

Gambar 4.20 merupakan profil permukaan air laut awal, pertengahan dan akhir simulasi selama 1 tahun yang dibandingkan adalah initial bed level setiap 6 bulannya selama setahun, yakni pada tanggal 25 Juli 2016, 11 Februari 2017, 25 Juli 2017. Garis pantai dianggap pada kedalaman nol meter, sehingga dengan

membandingkan waterdepth pada awal simulasi dan akhir simulasi dapat mendapatkan perkiraan perubahan garis pantai.



**Gambar 4.21** Profil permukaan air laut awal, pertengahan dan akhir simulasi selama 1 tahun



**Gambar 4.21** Overlay perubahan garis pantai setiap awal, pertengahan, dan akhir simulasi selama 1 tahun.

Hasil dari overlay garis pantai sebelum simulasi dan setelah simulasi diketahui mundurnya garis pantai dalam satu tahun sebesar 3.1 meter berdasarkan **Gambar 4.19**.

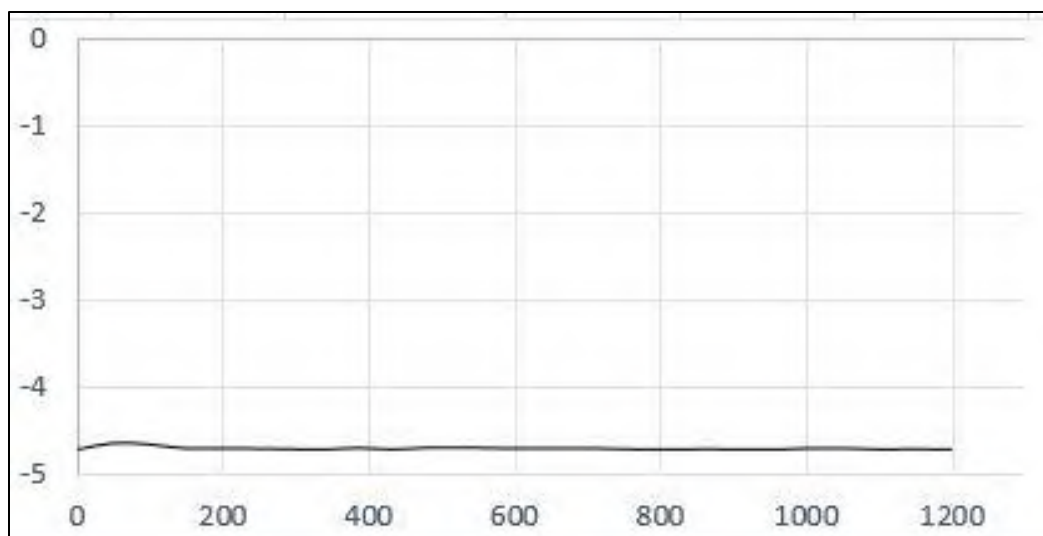
#### 4.4. Validasi Hasil

Untuk memvalidasi hasil hitungan digunakan perbandingan dengan menggunakan metode yang lain yaitu :

##### 4.4.1 Metode Analitis CERC

**Tabel 4.5.** Perhitungan perubahan garis pantai metode CERC

Pias	$X_i (m)$	$Y_{awal} (m)$	$Tana_i$	$Tana_b$	$a_b$	$Sina_b$	$Cosa_b$	$(t-m)/hari$	$Q_i (m^3/hari)$	$Q_b (m^3/th)$	$Dy_0 (m)$	$Y_{akhir} (m)$
0	0	339,09	0,893	1,029	45,810	0,72	0,70	43,322	2,599	948,74	-4,726	334,363
1	47,916	381,86	0,461	1,203	50,254	0,77	0,64	42,612	2,557	933,21	-4,648	377,216
2	95,832	403,96	0,497	1,183	49,784	0,76	0,65	42,736	2,564	935,92	-4,662	399,298
3	143,748	427,79	0,722	1,084	47,301	0,73	0,68	43,199	2,592	946,06	-4,712	423,079
4	191,664	462,41	0,724	1,083	47,286	0,73	0,68	43,201	2,592	946,10	-4,712	457,695
5	239,58	497,10	0,740	1,077	47,131	0,73	0,68	43,219	2,593	946,50	-4,714	492,383
6	287,496	532,57	0,816	1,052	46,444	0,72	0,69	43,284	2,597	947,92	-4,721	527,848
7	335,412	571,69	0,992	1,002	45,060	0,71	0,71	43,339	2,600	949,12	-4,727	566,960
8	383,328	619,20	1,441	0,914	42,419	0,67	0,74	43,163	2,590	945,27	-4,708	614,493
9	431,244	688,26	1,124	0,971	44,164	0,70	0,72	43,321	2,599	948,72	-4,725	683,539
10	479,16	742,14	0,679	1,100	47,730	0,74	0,67	43,142	2,589	944,82	-4,706	737,434
11	527,076	774,67	0,660	1,108	47,925	0,74	0,67	43,113	2,587	944,18	-4,703	769,966
12	574,992	806,29	0,719	1,085	47,336	0,74	0,68	43,195	2,592	945,97	-4,712	801,575
13	622,908	840,73	0,744	1,076	47,093	0,73	0,68	43,223	2,593	946,59	-4,715	836,012
14	670,824	876,39	0,744	1,076	47,098	0,73	0,68	43,223	2,593	946,58	-4,715	871,676
15	718,74	912,03	0,751	1,074	47,033	0,73	0,68	43,230	2,594	946,73	-4,716	907,316
16	766,656	948,00	0,867	1,036	46,014	0,72	0,69	43,312	2,599	948,53	-4,725	943,278
17	814,572	989,57	0,975	1,006	45,181	0,71	0,70	43,338	2,600	949,10	-4,727	984,838
18	862,488	1036,28	1,242	0,948	43,459	0,69	0,73	43,276	2,597	947,75	-4,721	1031,560
19	910,404	1095,79	1,051	0,988	44,645	0,70	0,71	43,336	2,600	949,05	-4,727	1091,060
20	958,32	1146,15	0,930	1,018	45,519	0,71	0,70	43,332	2,600	948,97	-4,727	1141,419
21	1006,24	1190,70	0,710	1,088	47,425	0,74	0,68	43,184	2,591	945,72	-4,711	1185,994
22	1054,15	1224,70	0,724	1,083	47,289	0,73	0,68	43,201	2,592	946,10	-4,712	1219,992
23	1102,07	1259,38	0,898	1,027	45,767	0,72	0,70	43,323	2,599	948,78	-4,726	1254,655
24	1149,98	1302,42	0,815	1,052	46,458	0,72	0,69	43,283	2,597	947,89	-4,721	1297,694
25	1197,9	1341,45	0,951	1,013	45,362	0,71	0,70	43,336	2,600	949,05	-4,727	1336,727



**Gambar 4.22** Grafik perubahan garis pantai Tangtu selama 1 tahun

Dengan metode analitis CERC didapatkan perubahan garis pantai yakni sebesar 4.7 meter pertahun.

#### 4.4.2 Menggunakan Citra Satelit Google Earth

Gambar 4.23 dan Gambar 4.24 menunjukkan profil garis pantai dari citra satelit Google Earth, validasi dengan citra satelit dengan batasan masalah tidak mempertimbangkan pada keadaan pasang dan surut.

Letak *bench mark* berada pada koordinat 309727.12 m E dan 9043162.66 m S. Pada citra satelit tahun 2012 jarak garis pantai dari arah selatan *bench mark* adalah sebesar 72.7 m. Pada tahun 2015 jarak garis pantai dari arah selatan *bench mark* adalah sebesar 66.5 m Hingga sepanjang tahun 2012 ke 2015 terjadi perubahan garis pantai arah selatan dari *bench mark* sebesar 6,2 meter dengan rata-rata setiap tahunnya adalah 2.07 meter.



Gambar 4.23 Citra Satelit pada tahun 2012



Gambar 4.24 Citra Satelit pada tahun 2015

**Tabel 4.5** Nilai besarnya perubahan garis pantai masing-masing metode

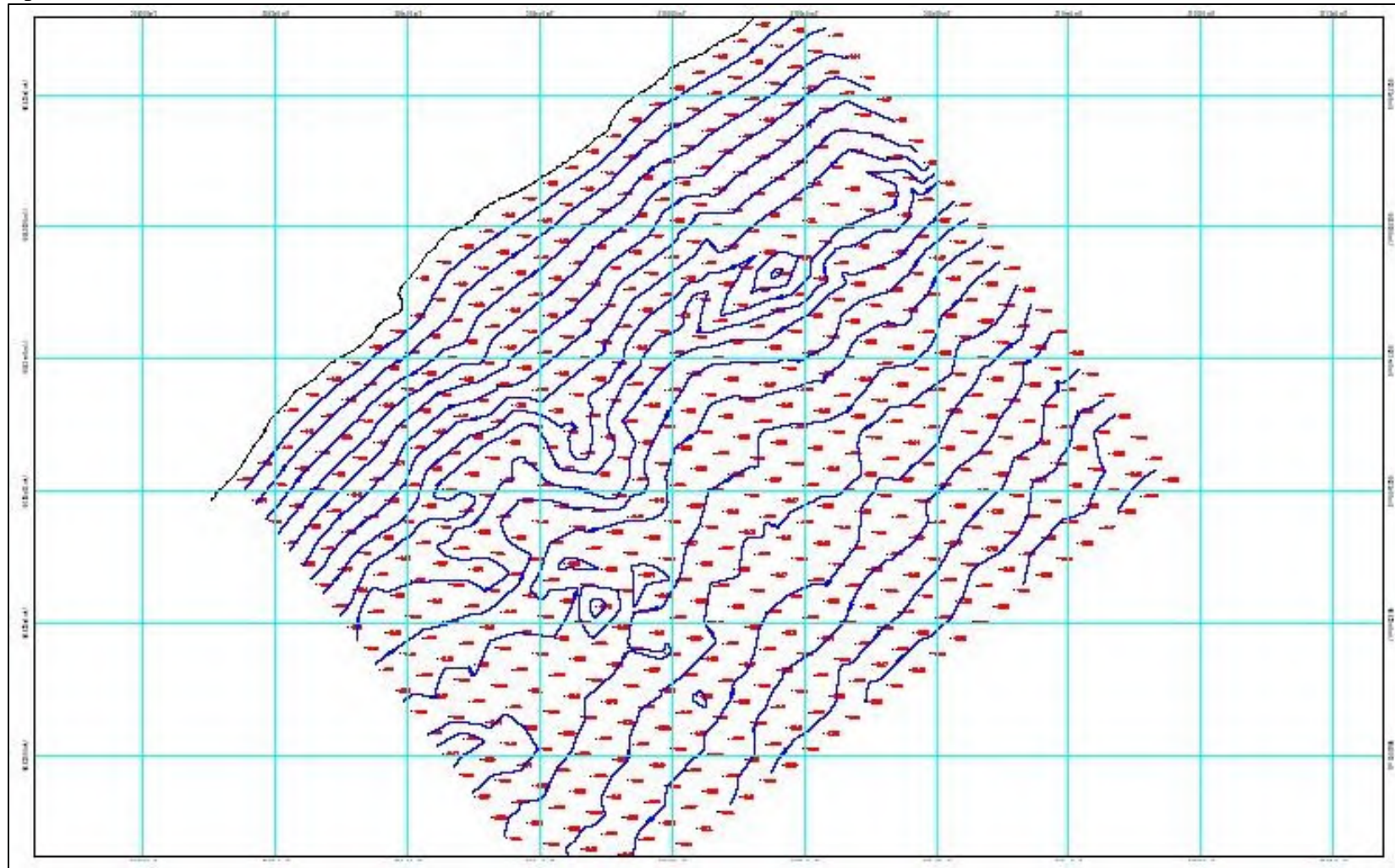
Metode Perubahan Garis Pantai	Nilai (meter)
DELFT3D	3.1
Cerc	4.7
Gambar Google Earth	2,07

# **Lampiran A**

## **Input DELFT3D**



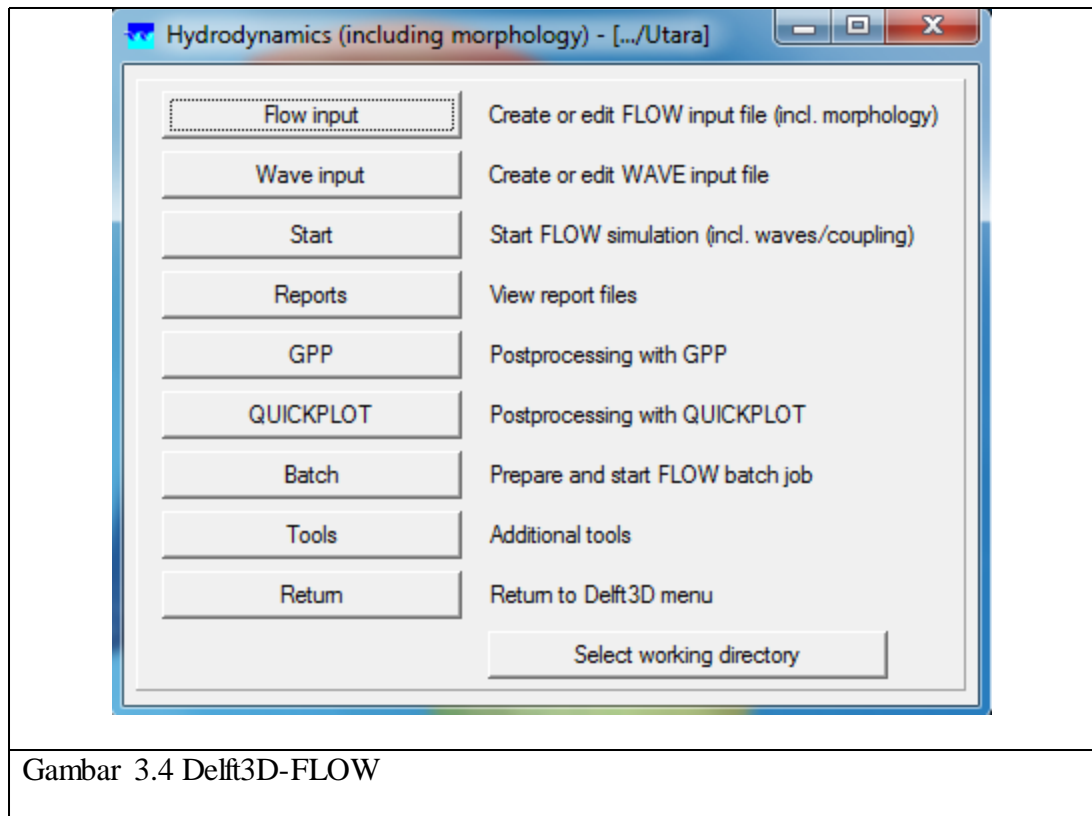
## Lampiran A



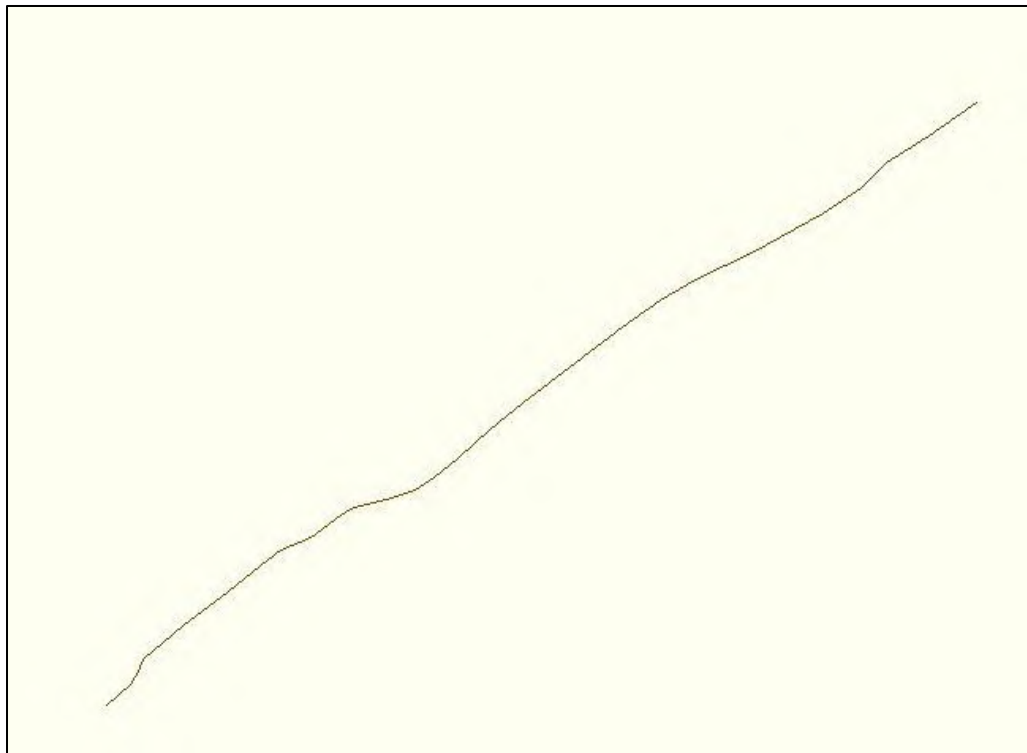
Gambar 3.3 : Peta Batimetri



## Lampiran A

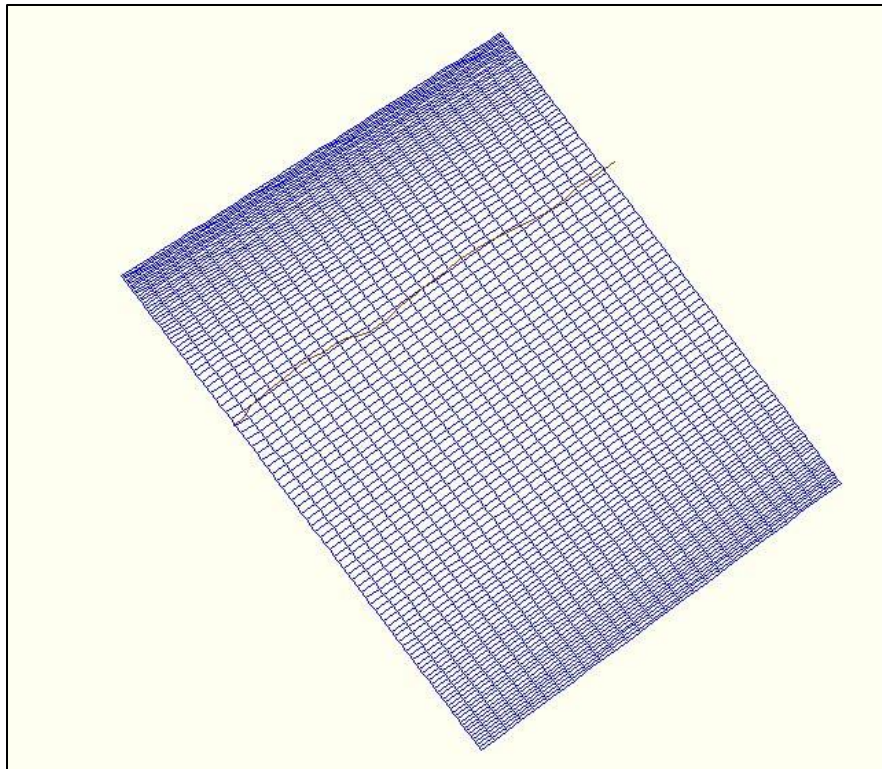


Gambar 3.4 Delft3D-FLOW

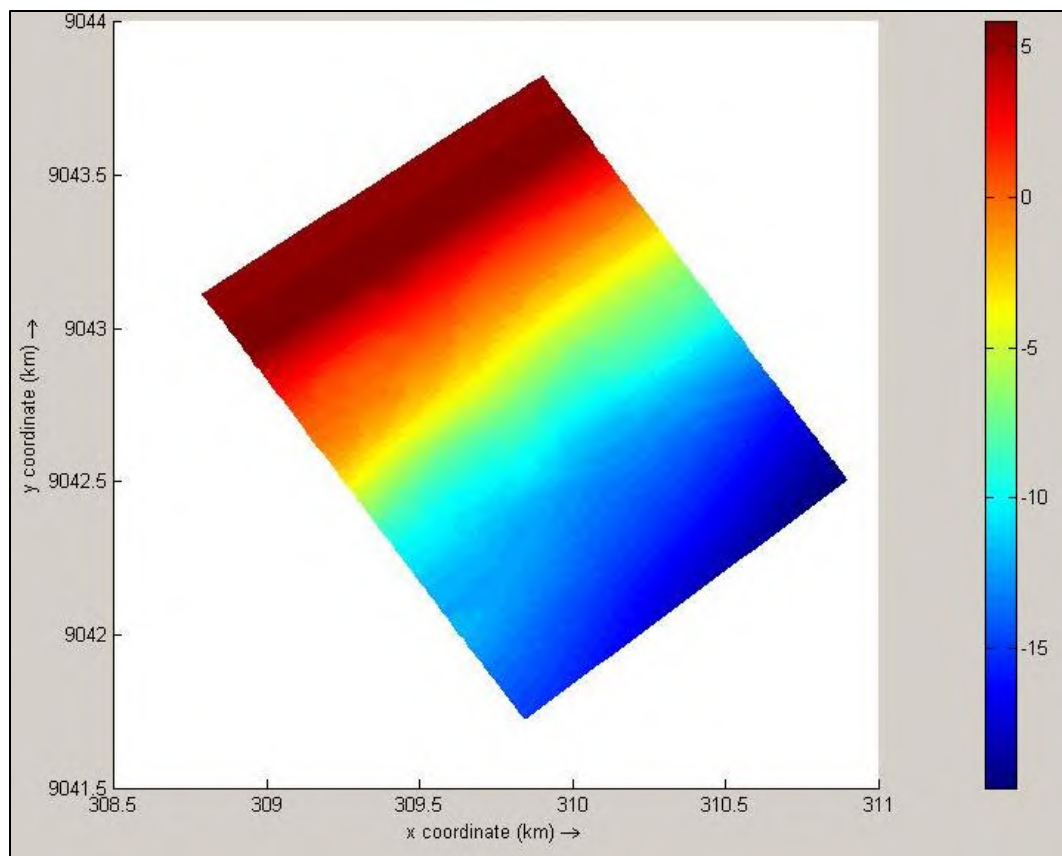


Gambar 3.5 Land Boundary

Lampiran A

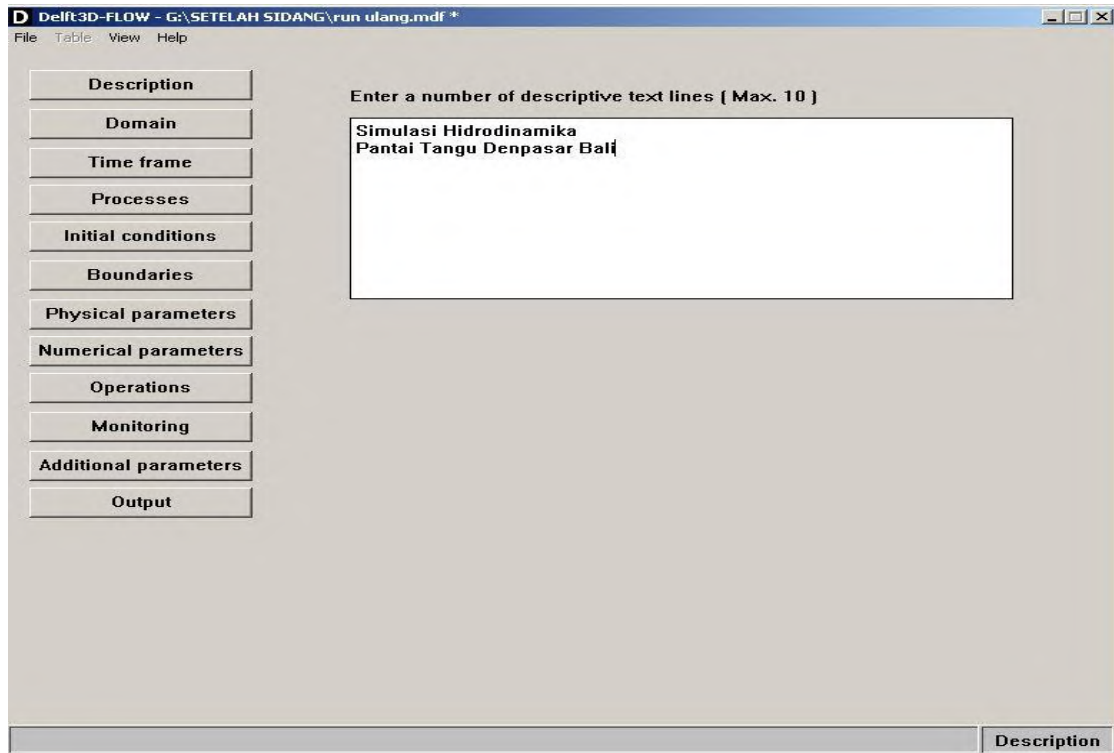


Gambar 3.6 *Grid* daerah yang disimulasi

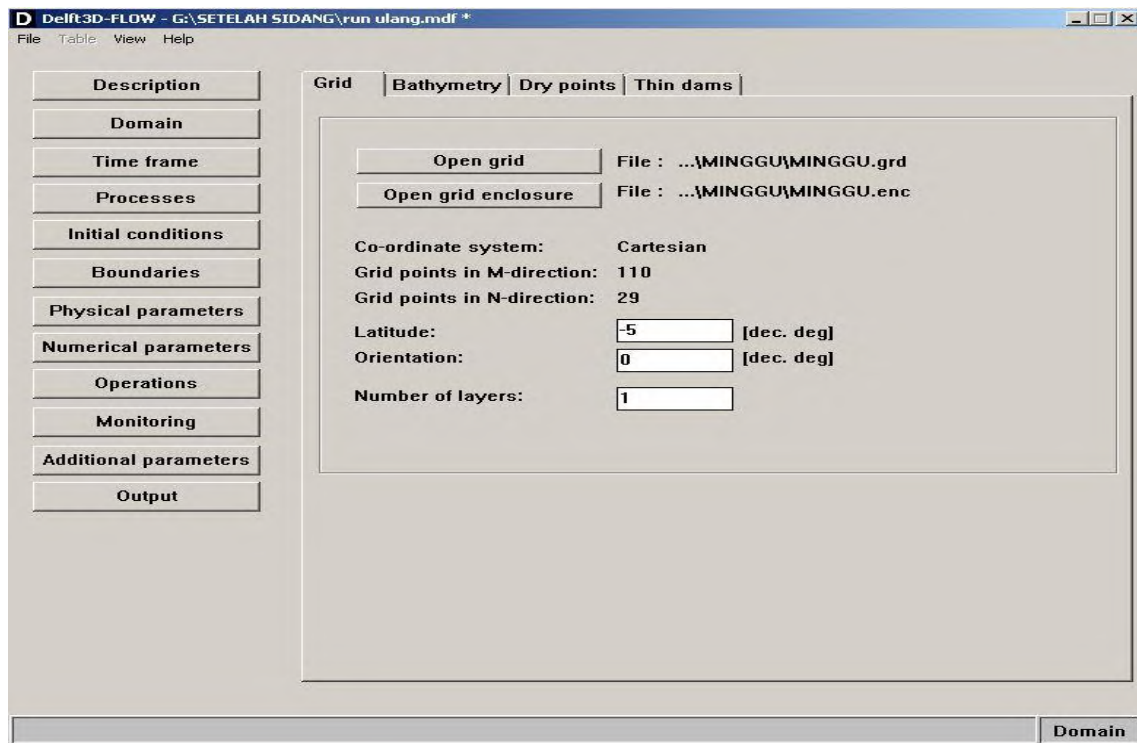


Gambar 3.7 Kedalaman daerah simulasi

## Lampiran A

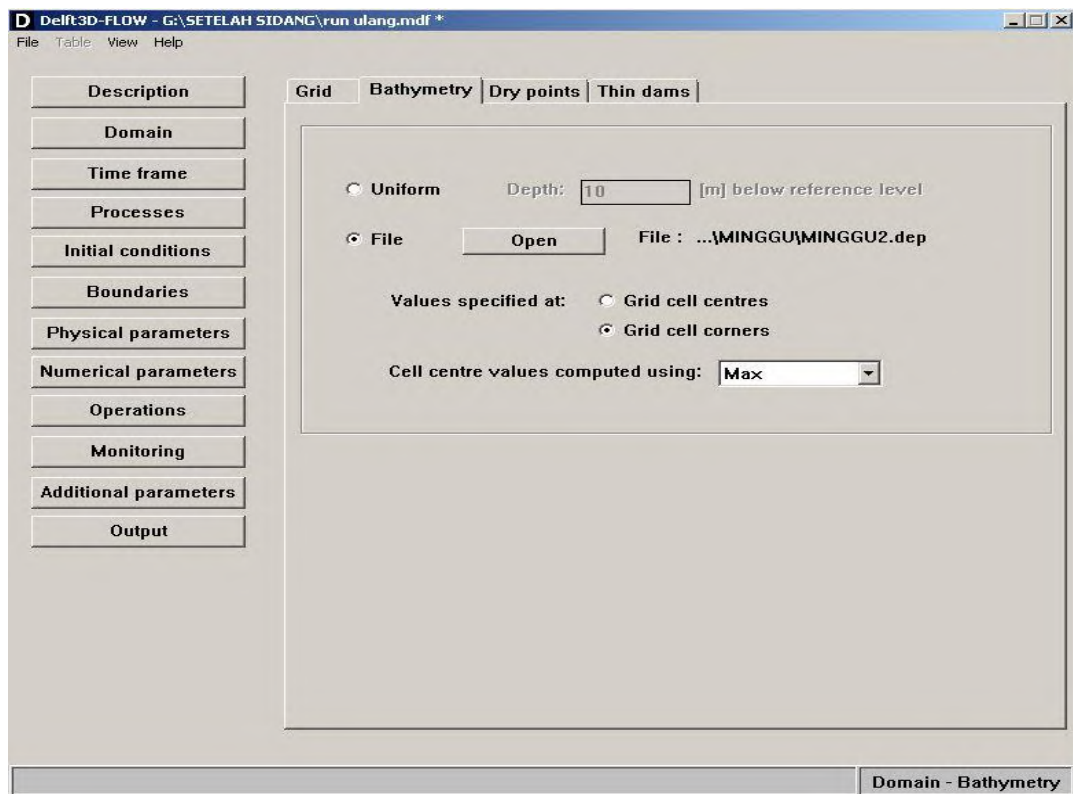


Gambar 3.8 Toolbar *Description*

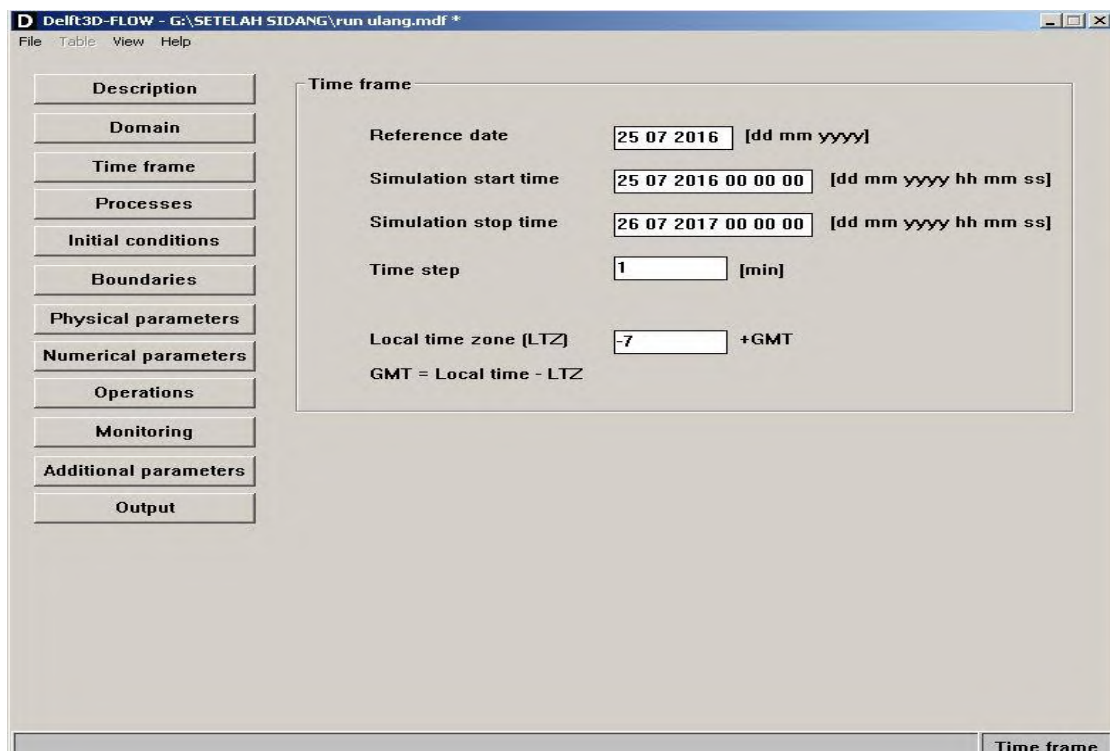


Gambar 3.9 Toolbar *Grid Parameters*

## Lampiran A



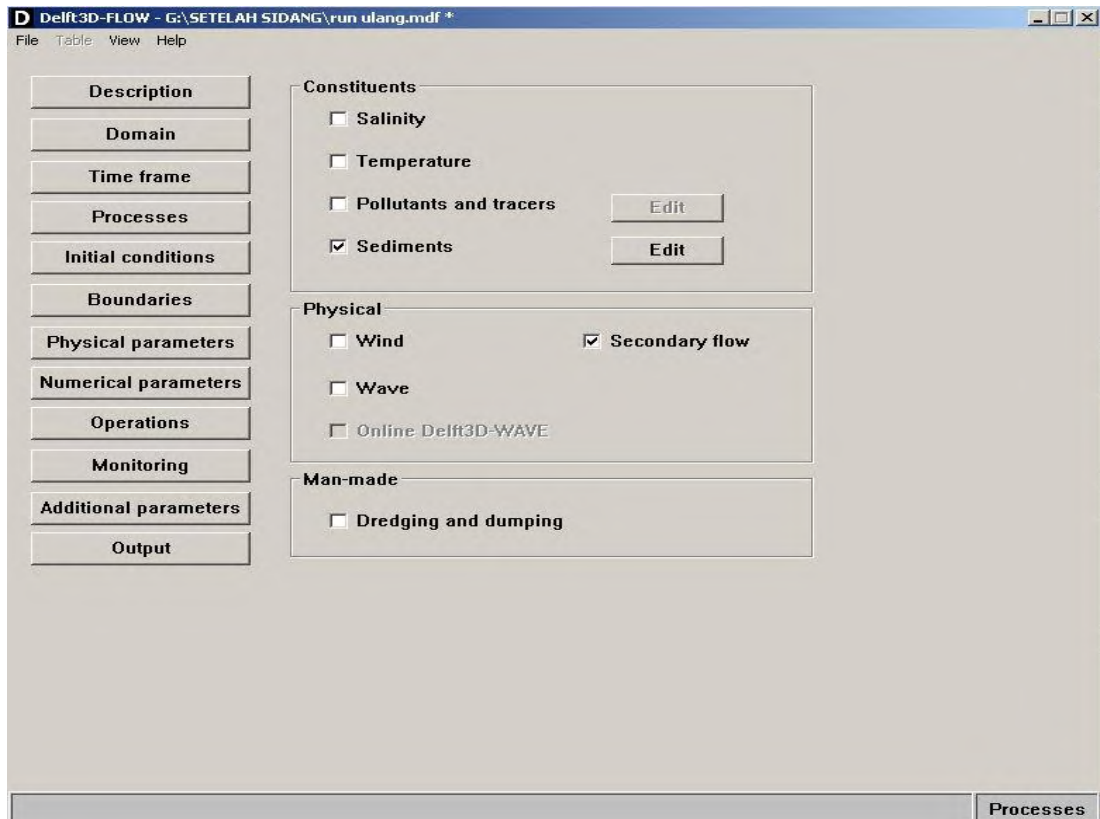
Gambar 3.10 toolbar *Bathymetry*



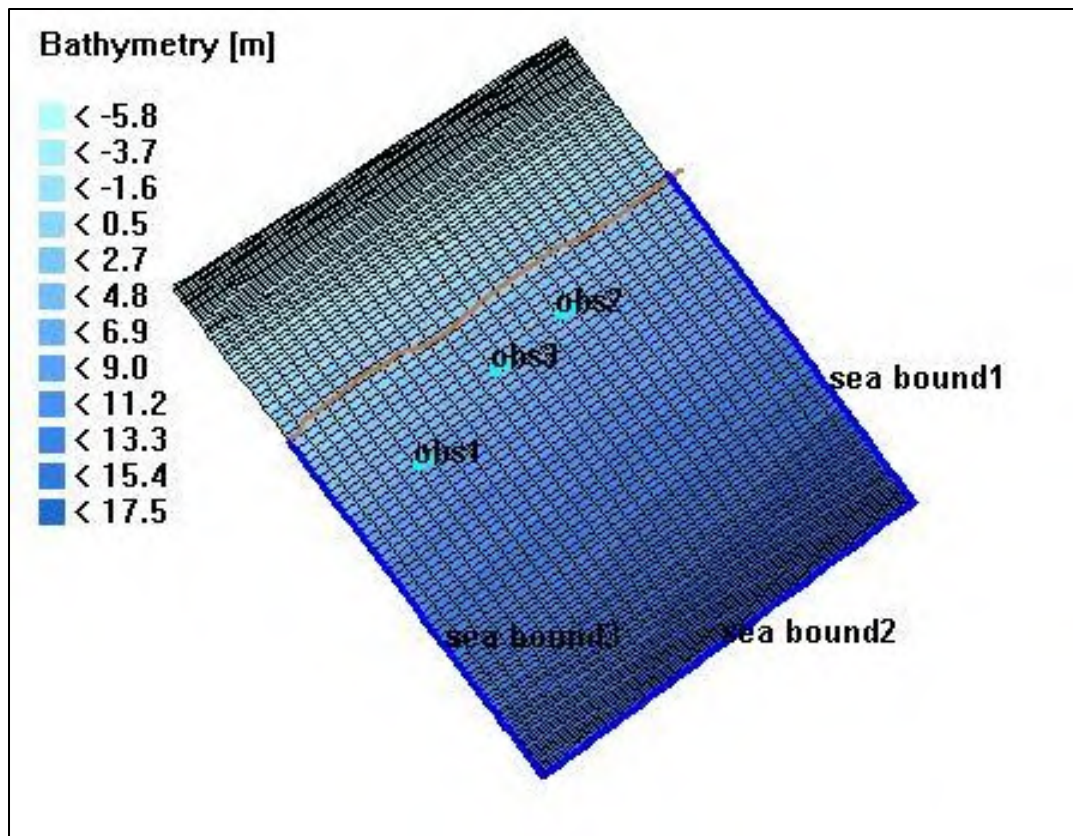
Gambar 3.11 Toolbar *Time Frame*



## Lampiran A

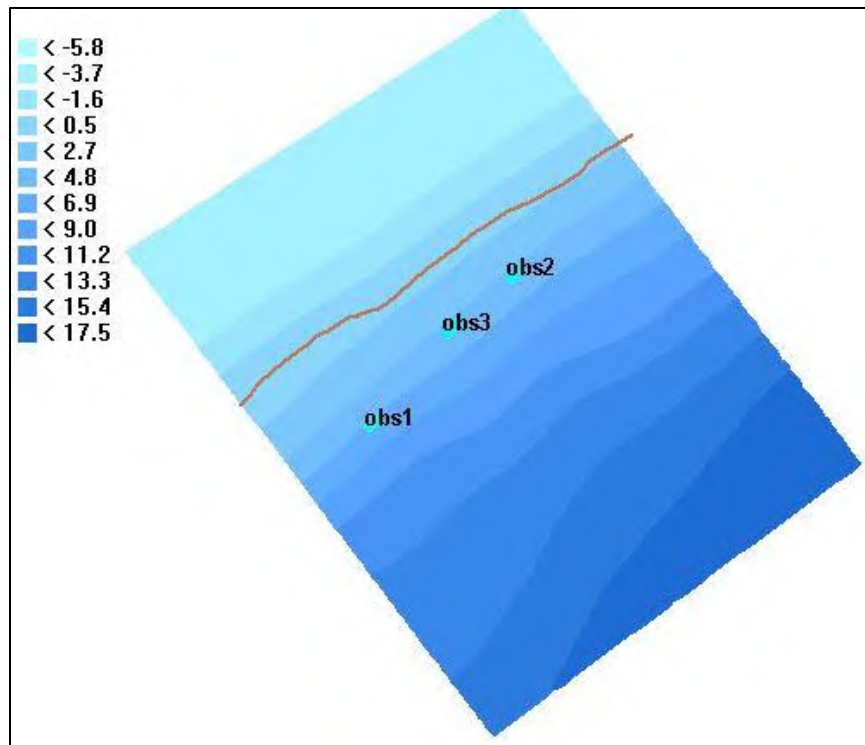


Gambar 3.12 Toolbar *Processes*

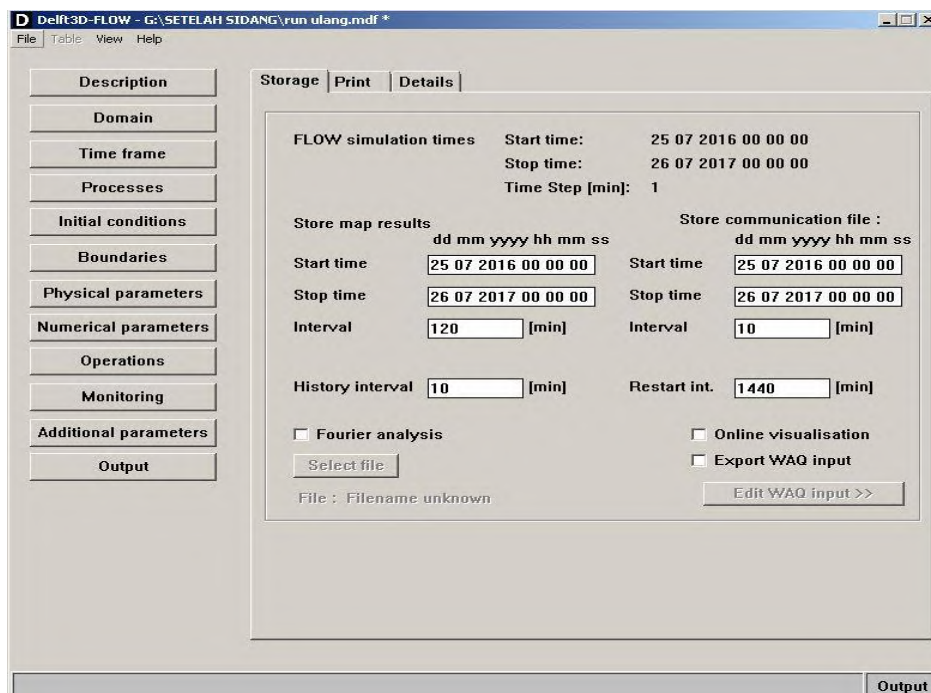


Gambar 3.13 Area *Boundaries*

## Lampiran A



Gambar 3.14 Lokasi Titik Observasi



Gambar 3.15 Toolbar *Output*

**LAMPIRAN B**

**DATA PASANG SURUT**



Day #	Date	hour @																							
		0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	24-Jun-11	145	128	123	113	112	122																		
2	25-Jun-11	136	172	181	199	195	198	175	181	145	135	140	128	126	122	111	126	139	140	137	135	131	126	116	113
3	26-Jun-11	123	130	156	179	191	192	201	195	189	160	124	107	96	75,1	74,1	83,1	90,1	110,1	124,1	129,1	130,1	130,1	126,1	123,1
4	27-Jun-11	123,1	134,1	140,1	159	180	198	182	205	207	191	175	136,1	107,1	84,1	79,1	73,1	74,1	99,1	120,1	135,1	141,1	146,1	144,1	143
5	28-Jun-11	145,1	140,1	143,1	155	176	195	191	205	207	205	175	157	136,1	104,1	69,1	48,1	50,1	60,1	90,1	116,1	133,1	146,1	160,1	156,1
6	29-Jun-11	147,1	139,1	134,1	133,1	136,1	151,1	176,1	190	206	208	215	207	185	116,1	85,1	63,1	64,1	65,1	70,1	96,1	113,1	137,1	156,1	157,1
7	30-Jun-11	157,1	151,1	136,1	133,1	132,1	133,1	166,1	194,1	215	235	227	212	179	136,1	98,1	65,1	24,1	26,1	40,1	76,1	104,1	135,1	154,1	156,1
8	1-Jul-11	157,1	152,1	140,1	130,1	116,1	113,1	133,1	154,1	208	235	244	233	185	205	118,1	84,1	38,1	16,1	14,1	66,1	90,1	127,1	139,1	143,1
9	2-Jul-11	159,1	158,1	147,1	132,1	128,1	117,1	106,1	137,1	201	223	245	255	227	196	143,1	86,1	53,1	14,1	7,1	6,1	66,1	108,1	120,1	166,1
10	3-Jul-11	165,1	162,1	159,1	154,1	126,1	108,1	103,1	114,1	156,1	215	249	256	244	223	178	139,1	83,1	33,1	25,1	13,1	39,1	82,1	127,1	164,1
11	4-Jul-11	183,1	184,1	176,1	169,1	161,1	135,1	94,1	107,1	123,1	156,1	198,1	245	249	242	205	163,1	118,1	57,1	26,1	18,1	30,1	66,1	127,1	164,1
12	5-Jul-11	184,1	196,1	192,1	176,1	150,1	123,1	129,1	130,1	136,1	146,1	184	217	245	247	225	194	135	105,1	66,1	33,1	30,1	60,1	130,1	168,1
13	6-Jul-11	190,1	201,1	203,1	183,1	186,1	143,1	123,1	112,1	104,1	119,1	136,1	205	236	228	222	193	164	126,1	103,1	40,1	53,1	65,1	113,1	159,1
14	7-Jul-11	186,1	195,1	207,1	204,1	186,1	166,1	146,1	124,1	128,1	130,1	133,1	145,1	196	213	215	204	173	150,1	126,1	100,1	84,1	75,1	69,1	98,1
15	8-Jul-11	159,1	190,1	208,1	210,1	206,1	189,1	150,1	135,1	77,1	104,1	98,1	93,1	116,1	159,1	171,1	184,1	181	158	133,1	115,1	105,1	96,1	70,1	110,1
16	9-Jul-11	123,1	184,1	199,1	206,1	212,1	209,1	193,1	170,1	151,1	129,1	98,1	94,1	91,1	115,1	146,1	153,1	166,1	152,1	143	134	110	110	110	125
17	10-Jul-11	138	180	210	228	225	220	206	192	184,41	164,36	144,52	128,46	118,3	114,42	115,73	120,37	126,13	130,86	132,83	131,3	126,85	121,29	117,09	116,49
18	11-Jul-11	121,03	131,37	147,15	166,82	187,56	205,49	216,8	218,91	211,34	195,55	174,12	150,05	126,41	106,55	93,68	89,86	94,87	105,86	118,48	128,84	134,97	136,95	135,88	133,06
19	12-Jul-11	129,94	128,81	132,81	144,62	164,42	188,81	211,76	227,22	231,53	224,09	206,3	180,22	148,45	115,07	86,04	67,84	64,53	75,37	95,07	116,52	134,21	145,74	150,97	150,38
20	13-Jul-11	144,58	135,54	127,81	127,67	139,91	164,38	195,23	223,53	241,59	245,61	235,45	212,53	178,71	137,27	94,61	60,04	42,42	45,65	66,38	95,85	124,67	146,78	160,14	164,66
21	14-Jul-11	160,47	148,42	132,36	120	120,16	137,78	170,17	207,89	239,54	256,99	257,35	241,31	210,49	167,22	116,58	68,15	34,03	23,55	38,06	70,1	107,66	140,32	162,77	173,9
22	15-Jul-11	173,93	163,12	143,69	122,32	109,62	115,29	142,04	183,08	225,42	256,48	269,26	262,57	238,11	198,02	145,85	89,36	41,08	14,33	16,38	44,14	85,83	127,44	159,24	177,74
23	16-Jul-11	183,09	175,99	157,56	132,22	109,58	101,85	117,25	154,31	201,7	244,12	269,77	274,04	257,88	224	175,41	117,52	60,86	19,74	6,28	23,5	63,12	110,09	150,42	176,69
24	17-Jul-11	187,82	185,24	170,32	145,62	118,07	99,34	101,12	127,96	173,25	222,1	259	274,79	268,06	241,78	199,59	145,63	87,41	37,39	9,64	12,74	44,19	91,23	137,59	171,46
25	18-Jul-11	188,75	190,79	180,07	158,8	131,25	106,36	96,16	109,62	146,23	194,78	238,85	265,1	268,25	250,14	215,32	168,11	113,87	61,73	24,54	13,86	33,13	74,53	122,71	162,71
26	19-Jul-11	186,43	193,36	186,73	169,7	145,34	119,4	101,63	102,41	126,38	167,96	213,14	246,6	258,95	249,21	221,8	182,06	134,8	86,22	46,01	25,51	32,02	63,5	108,42	151,43
27	20-Jul-11	180,99	193,33	190,93	178,02	158,04	134,7	114,46	106,28	117,3	147,33	187,14	222,56	241,62	239,76	219,63	187,07	147,48	105,69	68,12	43,55	40,15	60,28	97,58	139,28
28	21-Jul-11	172,56	190,38	192,87	184,2	168,71	149,68	130,98	118,72	119,63	136,85	166,35	197,66	218,99	223,1	209,84	184,06	151,73	117,61	86,08	62,81	54,33	64,79	92,33	128,48
29	22-Jul-11	161,91	183,92	191,8	188,16	177,44	163,27	148,4	136,26	131,47	137,81	154,95	177,05	195,1	201,47	193,59	174,21	148,66	121,91	97,58	79,05	70,32	74,89	93,26	121,15
30	23-Jul-11	150,68	173,92	186,51	188,73	183,78	175,14	165,23	155,95	149,66	148,92	154,77	165,06	174,75	178,3	172,64	158,51	139,49	119,77	102,61	90,22	84,54	87,34	99,24	118,53
31	24-Jul-11	141,03	161,59	176,37	184,17	186,14	184,38	180,59	175,89	171,16	167,34	165,07	163,91	162,24	158	150	138	125	112						



**LAMPIRAN C**  
**DATA BATIMETRI**

No.	Easting	Northing	Elevation
1	309.776.637	9.041.722.837	-14.320
2	309.746.669	9.041.762.861	-13.870
3	309.716.702	9.041.802.885	-13.490
4	309.686.734	9.041.842.910	-13.138
5	309.656.766	9.041.882.934	-12.315
6	309.626.798	9.041.922.958	-12.134
7	309.596.830	9.041.962.982	-11.403
8	309.566.862	9.042.003.006	-10.269
9	309.536.894	9.042.043.030	-12.139
10	309.506.926	9.042.083.054	-12.346
11	309.476.958	9.042.123.078	-11.666
12	309.446.991	9.042.163.102	-11.197
13	309.417.023	9.042.203.126	-10.428
14	309.387.055	9.042.243.150	-9.396
15	309.357.087	9.042.283.174	-8.617
16	309.327.119	9.042.323.198	-7.563
17	309.297.151	9.042.363.222	-5.764
18	309.267.183	9.042.403.246	-4.581
19	309.237.215	9.042.443.270	-3.207
20	309.207.247	9.042.483.294	-1.737
21	309.177.280	9.042.523.319	-0.286
22	309.217.304	9.042.553.286	-0.705
23	309.247.271	9.042.513.262	-2.115
24	309.277.239	9.042.473.238	-3.530
25	309.307.207	9.042.433.214	-4.945
26	309.337.175	9.042.393.190	-6.407
27	309.367.143	9.042.353.166	-7.791
28	309.397.111	9.042.313.142	-8.837
29	309.427.079	9.042.273.118	-10.692
30	309.457.047	9.042.233.094	-10.476
31	309.487.015	9.042.193.070	-11.193
32	309.516.983	9.042.153.046	-11.622
33	309.546.950	9.042.113.022	-11.966
34	309.576.918	9.042.072.998	-12.389
35	309.606.886	9.042.032.974	-10.602
36	309.636.854	9.041.992.950	-11.357
37	309.666.822	9.041.952.926	-12.205
38	309.696.790	9.041.912.901	-12.900
39	309.726.758	9.041.872.877	-13.158
40	309.756.726	9.041.832.853	-13.479
41	309.786.694	9.041.792.829	-13.733
42	309.816.661	9.041.752.805	-14.329
43	309.846.629	9.041.712.781	-14.874
44	309.886.653	9.041.742.749	-14.953
45	309.856.685	9.041.782.773	-14.394
46	309.826.718	9.041.822.797	-14.322
47	309.796.750	9.041.862.821	-13.499

No.	Easting	Northing	Elevation
48	309.766.782	9.041.902.845	-13.284
49	309.736.814	9.041.942.869	-12.605
50	309.706.846	9.041.982.893	-11.795
51	309.676.878	9.042.022.917	-11.355
52	309.646.910	9.042.062.942	-12.240
53	309.616.942	9.042.102.966	-12.225
54	309.586.974	9.042.142.990	-12.284
55	309.557.007	9.042.183.014	-11.784
56	309.527.039	9.042.223.038	-11.151
57	309.497.071	9.042.263.062	-10.453
58	309.467.103	9.042.303.086	-10.079
59	309.437.135	9.042.343.110	-9.593
60	309.407.167	9.042.383.134	-8.152
61	309.377.199	9.042.423.158	-6.695
62	309.347.231	9.042.463.182	-5.276
63	309.317.263	9.042.503.206	-3.898
64	309.287.296	9.042.543.230	-2.520
65	309.257.328	9.042.583.254	-1.089
66	309.267.384	9.042.653.246	-0.134
67	309.297.352	9.042.613.222	-1.413
68	309.327.320	9.042.573.198	-2.763
69	309.357.287	9.042.533.174	-4.117
70	309.387.255	9.042.493.150	-5.443
71	309.417.223	9.042.453.126	-6.757
72	309.447.191	9.042.413.102	-8.134
73	309.477.159	9.042.373.078	-9.451
74	309.507.127	9.042.333.054	-9.954
75	309.537.095	9.042.293.030	-10.456
76	309.567.063	9.042.253.006	-10.928
77	309.597.031	9.042.212.982	-11.337
78	309.626.999	9.042.172.958	-11.897
79	309.656.966	9.042.132.933	-12.375
80	309.686.934	9.042.092.909	-12.164
81	309.716.902	9.042.052.885	-11.975
82	309.746.870	9.042.012.861	-12.007
83	309.776.838	9.041.972.837	-12.963
84	309.806.806	9.041.932.813	-13.393
85	309.836.774	9.041.892.789	-13.749
86	309.866.742	9.041.852.765	-14.189
87	309.896.710	9.041.812.741	-14.601
88	309.926.677	9.041.772.717	-15.052
89	309.966.701	9.041.802.685	-15.530
90	309.936.734	9.041.842.709	-15.092
91	309.906.766	9.041.882.733	-14.249
92	309.876.798	9.041.922.757	-14.105
93	309.846.830	9.041.962.781	-13.565
94	309.816.862	9.042.002.805	-13.175

No.	Easting	Northing	Elevation
95	309.786.894	9.042.042.829	-12.337
96	309.756.926	9.042.082.853	-12.301
97	309.726.958	9.042.122.877	-12.105
98	309.696.990	9.042.162.901	-12.618
99	309.667.023	9.042.202.925	-12.214
100	309.637.055	9.042.242.949	-11.614
101	309.607.087	9.042.282.974	-10.591
102	309.577.119	9.042.322.998	-10.088
103	309.547.151	9.042.363.022	-9.586
104	309.517.183	9.042.403.046	-9.569
105	309.487.215	9.042.443.070	-8.000
106	309.457.247	9.042.483.094	-6.824
107	309.427.279	9.042.523.118	-5.647
108	309.397.312	9.042.563.142	-4.302
109	309.367.344	9.042.603.166	-2.957
110	309.337.376	9.042.643.190	-1.612
111	309.307.408	9.042.683.214	-0.267
112	309.347.432	9.042.713.182	-0.425
113	309.377.400	9.042.673.158	-1.758
114	309.407.368	9.042.633.134	-3.088
115	309.437.336	9.042.593.110	-4.416
116	309.467.304	9.042.553.086	-5.745
117	309.497.271	9.042.513.062	-7.074
118	309.527.239	9.042.473.038	-8.398
119	309.557.207	9.042.433.014	-9.401
120	309.587.175	9.042.392.990	-10.343
121	309.617.143	9.042.352.966	-9.720
122	309.647.111	9.042.312.941	-9.990
123	309.677.079	9.042.272.917	-11.485
124	309.707.047	9.042.232.893	-11.999
125	309.737.015	9.042.192.869	-12.240
126	309.766.982	9.042.152.845	-12.200
127	309.796.950	9.042.112.821	-12.437
128	309.826.918	9.042.072.797	-12.888
129	309.856.886	9.042.032.773	-13.410
130	309.886.854	9.041.992.749	-13.720
131	309.916.822	9.041.952.725	-14.376
132	309.946.790	9.041.912.701	-14.726
133	309.976.758	9.041.872.677	-15.142
134	310.006.726	9.041.832.653	-15.588
135	310.046.750	9.041.862.621	-15.714
136	310.016.782	9.041.902.645	-15.225
137	309.986.814	9.041.942.669	-14.976
138	309.956.846	9.041.982.693	-14.441
139	309.926.878	9.042.022.717	-14.080
140	309.896.910	9.042.062.741	-13.790
141	309.866.942	9.042.102.765	-13.449

No.	Easting	Northing	Elevation
142	309.836.974	9.042.142.789	-12.546
143	309.807.006	9.042.182.813	-12.556
144	309.777.039	9.042.222.837	-12.020
145	309.747.071	9.042.262.861	-11.604
146	309.717.103	9.042.302.885	-11.701
147	309.687.135	9.042.342.909	-9.904
148	309.657.167	9.042.382.933	-10.108
149	309.627.199	9.042.422.957	-10.662
150	309.597.231	9.042.462.982	-8.470
151	309.567.263	9.042.503.006	-9.451
152	309.537.295	9.042.543.030	-7.935
153	309.507.328	9.042.583.054	-6.419
154	309.477.360	9.042.623.078	-4.908
155	309.447.392	9.042.663.102	-3.413
156	309.417.424	9.042.703.126	-1.725
157	309.387.456	9.042.743.150	-0.407
158	309.427.480	9.042.773.118	-0.431
159	309.457.448	9.042.733.094	-1.946
160	309.487.416	9.042.693.070	-3.462
161	309.517.384	9.042.653.046	-4.978
162	309.547.352	9.042.613.022	-6.493
163	309.577.320	9.042.572.998	-8.009
164	309.607.287	9.042.532.973	-9.525
165	309.637.255	9.042.492.949	-9.160
166	309.667.223	9.042.452.925	-10.921
167	309.697.191	9.042.412.901	-11.204
168	309.727.159	9.042.372.877	-10.869
169	309.757.127	9.042.332.853	-12.470
170	309.787.095	9.042.292.829	-11.458
171	309.817.063	9.042.252.805	-12.402
172	309.847.031	9.042.212.781	-12.263
173	309.876.998	9.042.172.757	-12.618
174	309.906.966	9.042.132.733	-13.536
175	309.936.934	9.042.092.709	-13.955
176	309.966.902	9.042.052.685	-14.319
177	309.996.870	9.042.012.661	-14.696
178	310.026.838	9.041.972.637	-15.032
179	310.056.806	9.041.932.613	-15.349
180	310.086.774	9.041.892.588	-15.865
181	310.126.798	9.041.922.556	-16.112
182	310.096.830	9.041.962.580	-15.519
183	310.066.862	9.042.002.605	-15.060
184	310.036.894	9.042.042.629	-14.827
185	310.006.926	9.042.082.653	-14.542
186	309.976.958	9.042.122.677	-13.938
187	309.946.990	9.042.162.701	-13.292
188	309.917.022	9.042.202.725	-12.966

No.	Easting	Northing	Elevation
189	309.887.055	9.042.242.749	-12.492
190	309.857.087	9.042.282.773	-10.487
191	309.827.119	9.042.322.797	-12.142
192	309.797.151	9.042.362.821	-13.215
193	309.767.183	9.042.402.845	-11.971
194	309.737.215	9.042.442.869	-11.780
195	309.707.247	9.042.482.893	-10.980
196	309.677.279	9.042.522.917	-9.850
197	309.647.311	9.042.562.941	-9.598
198	309.617.344	9.042.602.965	-8.083
199	309.587.376	9.042.642.989	-6.567
200	309.557.408	9.042.683.014	-5.052
201	309.527.440	9.042.723.038	-3.263
202	309.497.472	9.042.763.062	-1.821
203	309.467.504	9.042.803.086	-0.474
204	309.507.528	9.042.833.054	-0.495
205	309.537.496	9.042.793.030	-1.994
206	309.567.464	9.042.753.006	-3.266
207	309.597.432	9.042.712.981	-4.616
208	309.627.400	9.042.672.957	-5.963
209	309.657.368	9.042.632.933	-7.373
210	309.687.336	9.042.592.909	-9.528
211	309.717.303	9.042.552.885	-10.155
212	309.747.271	9.042.512.861	-10.387
213	309.777.239	9.042.472.837	-11.210
214	309.807.207	9.042.432.813	-11.840
215	309.837.175	9.042.392.789	-12.670
216	309.867.143	9.042.352.765	-12.973
217	309.897.111	9.042.312.741	-12.066
218	309.927.079	9.042.272.717	-12.948
219	309.957.047	9.042.232.693	-13.596
220	309.987.014	9.042.192.669	-12.880
221	310.016.982	9.042.152.645	-13.923
222	310.046.950	9.042.112.621	-15.131
223	310.076.918	9.042.072.596	-14.899
224	310.106.886	9.042.032.572	-15.366
225	310.136.854	9.041.992.548	-15.807
226	310.166.822	9.041.952.524	-16.721
227	310.206.846	9.041.982.492	-17.238
228	310.176.878	9.042.022.516	-16.203
229	310.146.910	9.042.062.540	-15.920
230	310.116.942	9.042.102.564	-15.083
231	310.086.974	9.042.142.588	-14.614
232	310.057.006	9.042.182.612	-14.079

233	310.027.039	9.042.222.637	-13.361
234	309.997.071	9.042.262.661	-13.320
235	309.967.103	9.042.302.685	-12.662

No.	Easting	Northing	Elevation
236	309.937.135	9.042.342.709	-13.336
237	309.907.167	9.042.382.733	-12.510
238	309.877.199	9.042.422.757	-12.228
239	309.847.231	9.042.462.781	-11.216
240	309.817.263	9.042.502.805	-10.132
241	309.787.295	9.042.542.829	-8.971
242	309.757.327	9.042.582.853	-9.203
243	309.727.360	9.042.622.877	-9.264
244	309.697.392	9.042.662.901	-7.601
245	309.667.424	9.042.702.925	-5.744
246	309.637.456	9.042.742.949	-3.964
247	309.607.488	9.042.782.973	-3.001
248	309.577.520	9.042.822.997	-2.038
249	309.547.552	9.042.863.022	-1.075
250	309.517.584	9.042.903.046	-0.112
251	309.557.608	9.042.933.013	-0.466
252	309.587.576	9.042.892.989	-1.463
253	309.617.544	9.042.852.965	-2.460
254	309.647.512	9.042.812.941	-3.457
255	309.677.480	9.042.772.917	-4.454
256	309.707.448	9.042.732.893	-5.451
257	309.737.416	9.042.692.869	-6.448
258	309.767.384	9.042.652.845	-7.433
259	309.797.352	9.042.612.821	-8.142
260	309.827.319	9.042.572.797	-7.554
261	309.857.287	9.042.532.773	-9.024
262	309.887.255	9.042.492.749	-9.666
263	309.917.223	9.042.452.725	-11.861
264	309.947.191	9.042.412.701	-12.515
265	309.977.159	9.042.372.677	-12.754
266	310.007.127	9.042.332.653	-12.929
267	310.037.095	9.042.292.628	-13.672
268	310.067.063	9.042.252.604	-14.078
269	310.097.030	9.042.212.580	-14.180
270	310.126.998	9.042.172.556	-14.670
271	310.156.966	9.042.132.532	-15.536
272	310.186.934	9.042.092.508	-16.126
273	310.216.902	9.042.052.484	-16.431
274	310.246.870	9.042.012.460	-17.519
275	310.286.894	9.042.042.428	-17.637
276	310.256.926	9.042.082.452	-16.345
277	310.226.958	9.042.122.476	-16.246
278	310.196.990	9.042.162.500	-15.850
279	310.167.022	9.042.202.524	-15.152
280	310.137.055	9.042.242.548	-14.557
281	310.107.087	9.042.282.572	-14.119
282	310.077.119	9.042.322.596	-14.055



No.	Easting	Northing	Elevation
283	310.047.151	9.042.362.620	-13.320
284	310.017.183	9.042.402.645	-12.868
285	309.987.215	9.042.442.669	-12.278
286	309.957.247	9.042.482.693	-11.440
287	309.927.279	9.042.522.717	-10.282
288	309.897.311	9.042.562.741	-9.213
289	309.867.344	9.042.602.765	-8.471
290	309.837.376	9.042.642.789	-7.793
291	309.807.408	9.042.682.813	-7.491
292	309.777.440	9.042.722.837	-6.489
293	309.747.472	9.042.762.861	-5.487
294	309.717.504	9.042.802.885	-4.485
295	309.687.536	9.042.842.909	-3.486
296	309.657.568	9.042.882.933	-2.512
297	309.627.600	9.042.922.957	-1.518
298	309.597.632	9.042.962.981	-0.524
299	309.637.657	9.042.992.949	-0.512
300	309.667.624	9.042.952.925	-1.514
301	309.697.592	9.042.912.901	-2.516
302	309.727.560	9.042.872.877	-3.518
303	309.757.528	9.042.832.853	-4.519
304	309.787.496	9.042.792.829	-5.521
305	309.817.464	9.042.752.805	-6.523
306	309.847.432	9.042.712.781	-7.524
307	309.877.400	9.042.672.757	-8.524
308	309.907.368	9.042.632.733	-10.020
309	309.937.335	9.042.592.709	-10.193
310	309.967.303	9.042.552.685	-11.674
311	309.997.271	9.042.512.661	-12.159
312	310.027.239	9.042.472.636	-12.592
313	310.057.207	9.042.432.612	-13.082
314	310.087.175	9.042.392.588	-13.569
315	310.117.143	9.042.352.564	-13.803
316	310.147.111	9.042.312.540	-14.498
317	310.177.079	9.042.272.516	-14.929
318	310.207.046	9.042.232.492	-15.703
319	310.237.014	9.042.192.468	-15.826
320	310.266.982	9.042.152.444	-16.514
321	310.296.950	9.042.112.420	-16.624
322	310.326.918	9.042.072.396	-17.698
323	310.366.942	9.042.102.364	-18.020
324	310.336.974	9.042.142.388	-17.650
325	310.307.006	9.042.182.412	-16.637
326	310.277.038	9.042.222.436	-15.788
327	310.247.071	9.042.262.460	-15.650
328	310.217.103	9.042.302.484	-15.006
329	310.187.135	9.042.342.508	-14.770

No.	Easting	Northing	Elevation
330	310.157.167	9.042.382.532	-14.522
331	310.127.199	9.042.422.556	-13.731
332	310.097.231	9.042.462.580	-13.463
333	310.067.263	9.042.502.604	-12.973
334	310.037.295	9.042.542.628	-12.501
335	310.007.327	9.042.582.652	-12.016
336	309.977.360	9.042.622.677	-10.978
337	309.947.392	9.042.662.701	-10.290
338	309.917.424	9.042.702.725	-9.316
339	309.887.456	9.042.742.749	-7.558
340	309.857.488	9.042.782.773	-6.556
341	309.827.520	9.042.822.797	-5.545
342	309.797.552	9.042.862.821	-4.527
343	309.767.584	9.042.902.845	-3.510
344	309.737.616	9.042.942.869	-2.492
345	309.707.648	9.042.982.893	-1.474
346	309.677.681	9.043.022.917	-0.456
347	309.717.705	9.043.052.885	-0.371
348	309.747.673	9.043.012.861	-1.444
349	309.777.640	9.042.972.837	-2.518
350	309.807.608	9.042.932.813	-3.594
351	309.837.576	9.042.892.789	-4.679
352	309.867.544	9.042.852.765	-5.759
353	309.897.512	9.042.812.741	-7.039
354	309.927.480	9.042.772.717	-8.408
355	309.957.448	9.042.732.693	-9.545
356	309.987.416	9.042.692.668	-10.584
357	310.017.384	9.042.652.644	-11.312
358	310.047.351	9.042.612.620	-12.000
359	310.077.319	9.042.572.596	-12.428
360	310.107.287	9.042.532.572	-12.877
361	310.137.255	9.042.492.548	-13.611
362	310.167.223	9.042.452.524	-13.940
363	310.197.191	9.042.412.500	-14.142
364	310.227.159	9.042.372.476	-14.533
365	310.257.127	9.042.332.452	-14.904
366	310.287.095	9.042.292.428	-15.317
367	310.317.062	9.042.252.404	-15.880
368	310.347.030	9.042.212.380	-16.775
369	310.376.998	9.042.172.356	-17.368
370	310.406.966	9.042.132.332	-18.333
371	310.446.990	9.042.162.300	-18.483
372	310.417.022	9.042.202.324	-17.571
373	310.387.054	9.042.242.348	-16.865
374	310.357.087	9.042.282.372	-16.312
375	310.327.119	9.042.322.396	-15.576
376	310.297.151	9.042.362.420	-14.636

No.	Easting	Northing	Elevation
377	310.267.183	9.042.402.444	-14.418
378	310.237.215	9.042.442.468	-14.258
379	310.207.247	9.042.482.492	-13.672
380	310.177.279	9.042.522.516	-13.271
381	310.147.311	9.042.562.540	-12.803
382	310.117.343	9.042.602.564	-12.386
383	310.087.376	9.042.642.588	-12.199
384	310.057.408	9.042.682.612	-11.814
385	310.027.440	9.042.722.636	-10.831
386	309.997.472	9.042.762.660	-9.676
387	309.967.504	9.042.802.684	-8.740
388	309.937.536	9.042.842.709	-7.525
389	309.907.568	9.042.882.733	-6.310
390	309.877.600	9.042.922.757	-5.095
391	309.847.632	9.042.962.781	-3.880
392	309.817.665	9.043.002.805	-2.681
393	309.787.697	9.043.042.829	-1.490
394	309.757.729	9.043.082.853	-0.291
395	309.797.753	9.043.112.821	-0.210
396	309.827.721	9.043.072.797	-1.442
397	309.857.689	9.043.032.773	-2.656
398	309.887.656	9.042.992.749	-3.871
399	309.917.624	9.042.952.725	-5.085
400	309.947.592	9.042.912.701	-6.299
401	309.977.560	9.042.872.676	-7.514
402	310.007.528	9.042.832.652	-8.728
403	310.037.496	9.042.792.628	-9.352
404	310.067.464	9.042.752.604	-10.694
405	310.097.432	9.042.712.580	-11.653
406	310.127.400	9.042.672.556	-12.088
407	310.157.367	9.042.632.532	-12.715
408	310.187.335	9.042.592.508	-13.334
409	310.217.303	9.042.552.484	-13.622
410	310.247.271	9.042.512.460	-13.524
411	310.277.239	9.042.472.436	-14.161
412	310.307.207	9.042.432.412	-14.604
413	310.337.175	9.042.392.388	-14.891
414	310.367.143	9.042.352.364	-15.804
415	310.397.111	9.042.312.340	-16.659
416	310.427.079	9.042.272.316	-16.899
417	310.457.046	9.042.232.291	-17.667
418	310.487.014	9.042.192.267	-18.590
419	310.527.038	9.042.222.235	-18.802
420	310.497.070	9.042.262.259	-17.446
421	310.467.103	9.042.302.283	-17.107
422	310.437.135	9.042.342.307	-16.422
423	310.407.167	9.042.382.332	-15.847

No.	Easting	Northing	Elevation
424	310.377.199	9.042.422.356	-15.212
425	310.347.231	9.042.462.380	-14.903
426	310.317.263	9.042.502.404	-13.907
427	310.287.295	9.042.542.428	-13.455
428	310.257.327	9.042.582.452	-13.609
429	310.227.359	9.042.622.476	-13.055
430	310.197.392	9.042.662.500	-12.462
431	310.167.424	9.042.702.524	-11.602
432	310.137.456	9.042.742.548	-11.069
433	310.107.488	9.042.782.572	-10.071
434	310.077.520	9.042.822.596	-8.289
435	310.047.552	9.042.862.620	-9.380
436	310.017.584	9.042.902.644	-7.501
437	309.987.616	9.042.942.668	-6.287
438	309.957.648	9.042.982.692	-5.073
439	309.927.681	9.043.022.717	-3.853
440	309.897.713	9.043.062.741	-2.628
441	309.867.745	9.043.102.765	-1.409
442	309.837.777	9.043.142.789	-0.191
443	309.877.801	9.043.172.757	-0.200
444	309.907.769	9.043.132.733	-1.563
445	309.937.737	9.043.092.708	-2.926
446	309.967.705	9.043.052.684	-4.289
447	309.997.672	9.043.012.660	-5.542
448	310.027.640	9.042.972.636	-6.370
449	310.057.608	9.042.932.612	-7.489
450	310.087.576	9.042.892.588	-8.564
451	310.117.544	9.042.852.564	-7.491
452	310.147.512	9.042.812.540	-9.318
453	310.177.480	9.042.772.516	-10.326
454	310.207.448	9.042.732.492	-11.268
455	310.237.416	9.042.692.468	-12.087
456	310.267.384	9.042.652.444	-12.630
457	310.297.351	9.042.612.420	-13.346
458	310.327.319	9.042.572.396	-13.564
459	310.357.287	9.042.532.372	-13.980
460	310.387.255	9.042.492.348	-15.197
461	310.417.223	9.042.452.323	-15.613
462	310.447.191	9.042.412.299	-15.844
463	310.477.159	9.042.372.275	-16.490
464	310.507.127	9.042.332.251	-17.252
465	310.537.095	9.042.292.227	-17.874
466	310.567.062	9.042.252.203	-18.818
467	310.607.086	9.042.282.171	-18.835
468	310.577.119	9.042.322.195	-18.302
469	310.547.151	9.042.362.219	-17.672
470	310.517.183	9.042.402.243	-16.775

No.	Easting	Northing	Elevation
471	310.487.215	9.042.442.267	-16.041
472	310.457.247	9.042.482.291	-15.732
473	310.427.279	9.042.522.315	-14.997
474	310.397.311	9.042.562.340	-14.785
475	310.367.343	9.042.602.364	-14.304
476	310.337.375	9.042.642.388	-13.196
477	310.307.408	9.042.682.412	-12.354
478	310.277.440	9.042.722.436	-11.857
479	310.247.472	9.042.762.460	-10.740
480	310.217.504	9.042.802.484	-10.234
481	310.187.536	9.042.842.508	-8.841
482	310.157.568	9.042.882.532	-6.870
483	310.127.600	9.042.922.556	-8.169
484	310.097.632	9.042.962.580	-6.792
485	310.067.664	9.043.002.604	-6.699
486	310.037.697	9.043.042.628	-5.463
487	310.007.729	9.043.082.652	-4.227
488	309.977.761	9.043.122.676	-2.992
489	309.947.793	9.043.162.700	-1.756
490	309.917.825	9.043.202.724	-0.520
491	309.957.849	9.043.232.692	-0.629
492	309.987.817	9.043.192.668	-1.817
493	310.017.785	9.043.152.644	-2.732
494	310.047.753	9.043.112.620	-3.632
495	310.077.721	9.043.072.596	-4.671
496	310.107.688	9.043.032.572	-5.810
497	310.137.656	9.042.992.548	-6.949
498	310.167.624	9.042.952.524	-7.950
499	310.197.592	9.042.912.500	-5.705
500	310.227.560	9.042.872.476	-8.008
501	310.257.528	9.042.832.452	-10.061
502	310.287.496	9.042.792.428	-10.537
503	310.317.464	9.042.752.404	-11.873
504	310.347.432	9.042.712.380	-12.492
505	310.377.400	9.042.672.356	-13.404
506	310.407.367	9.042.632.331	-14.249
507	310.437.335	9.042.592.307	-14.543
508	310.467.303	9.042.552.283	-15.023
509	310.497.271	9.042.512.259	-15.768
510	310.527.239	9.042.472.235	-16.581
511	310.557.207	9.042.432.211	-17.064
512	310.587.175	9.042.392.187	-17.589
513	310.617.143	9.042.352.163	-18.485
514	310.647.111	9.042.312.139	-18.821
515	310.687.135	9.042.342.107	-19.224
516	310.657.167	9.042.382.131	-18.765
517	310.627.199	9.042.422.155	-17.469

No.	Easting	Northing	Elevation
518	310.597.231	9.042.462.179	-17.228
519	310.567.263	9.042.502.203	-16.472
520	310.537.295	9.042.542.227	-16.013
521	310.507.327	9.042.582.251	-15.098
522	310.477.359	9.042.622.275	-14.622
523	310.447.391	9.042.662.299	-14.022
524	310.417.424	9.042.702.323	-13.573
525	310.387.456	9.042.742.347	-12.765
526	310.357.488	9.042.782.372	-12.229
527	310.327.520	9.042.822.396	-11.206
528	310.297.552	9.042.862.420	-10.379
529	310.267.584	9.042.902.444	-8.234
530	310.237.616	9.042.942.468	-6.951
531	310.207.648	9.042.982.492	-7.917
532	310.177.680	9.043.022.516	-6.974
533	310.147.713	9.043.062.540	-5.903
534	310.117.745	9.043.102.564	-4.832
535	310.087.777	9.043.142.588	-3.760
536	310.057.809	9.043.182.612	-2.689
537	310.027.841	9.043.222.636	-1.618
538	309.997.873	9.043.262.660	-0.545
539	310.037.897	9.043.292.628	-0.469
540	310.067.865	9.043.252.604	-1.551
541	310.097.833	9.043.212.580	-2.634
542	310.127.801	9.043.172.556	-3.716
543	310.157.769	9.043.132.532	-4.787
544	310.187.737	9.043.092.508	-5.858
545	310.217.705	9.043.052.484	-6.929
546	310.247.672	9.043.012.460	-7.814
547	310.277.640	9.042.972.436	-7.303
548	310.307.608	9.042.932.412	-9.746
549	310.337.576	9.042.892.388	-10.293
550	310.367.544	9.042.852.363	-11.243
551	310.397.512	9.042.812.339	-12.091
552	310.427.480	9.042.772.315	-12.369
553	310.457.448	9.042.732.291	-13.162
554	310.487.416	9.042.692.267	-14.029
555	310.517.383	9.042.652.243	-14.878
556	310.547.351	9.042.612.219	-15.380
557	310.577.319	9.042.572.195	-16.000
558	310.607.287	9.042.532.171	-16.560
559	310.637.255	9.042.492.147	-17.303
560	310.667.223	9.042.452.123	-17.931
561	310.697.191	9.042.412.099	-18.904
562	310.727.159	9.042.372.075	-19.592
563	310.767.183	9.042.402.043	-19.574
564	310.737.215	9.042.442.067	-19.034

No.	Easting	Northing	Elevation
565	310.707.247	9.042.482.091	-18.401
566	310.677.279	9.042.522.115	-17.941
567	310.647.311	9.042.562.139	-17.012
568	310.617.343	9.042.602.163	-16.172
569	310.587.375	9.042.642.187	-15.520
570	310.557.407	9.042.682.211	-15.030
571	310.527.440	9.042.722.235	-14.010
572	310.497.472	9.042.762.259	-13.287
573	310.467.504	9.042.802.283	-12.332
574	310.437.536	9.042.842.307	-11.752
575	310.407.568	9.042.882.331	-10.905
576	310.377.600	9.042.922.355	-9.980
577	310.347.632	9.042.962.380	-9.119
578	310.317.664	9.043.002.404	-7.819
579	310.287.696	9.043.042.428	-7.424
580	310.257.729	9.043.082.452	-6.913
581	310.227.761	9.043.122.476	-5.777
582	310.197.793	9.043.162.500	-4.696
583	310.167.825	9.043.202.524	-3.609
584	310.137.857	9.043.242.548	-2.516
585	310.107.889	9.043.282.572	-1.424
586	310.077.921	9.043.322.596	-0.332
587	310.117.945	9.043.352.564	-0.210
588	310.147.913	9.043.312.540	-1.311
589	310.177.881	9.043.272.516	-2.443
590	310.207.849	9.043.232.492	-3.591
591	310.237.817	9.043.192.468	-4.740
592	310.267.785	9.043.152.444	-5.889
593	310.297.753	9.043.112.420	-7.037
594	310.327.721	9.043.072.396	-7.845
595	310.357.688	9.043.032.371	-7.492
596	310.387.656	9.042.992.347	-8.977
597	310.417.624	9.042.952.323	-9.600
598	310.447.592	9.042.912.299	-10.995
599	310.477.560	9.042.872.275	-11.931
600	310.507.528	9.042.832.251	-12.955
601	310.537.496	9.042.792.227	-13.791
602	310.567.464	9.042.752.203	-14.616
603	310.597.432	9.042.712.179	-15.339
604	310.627.399	9.042.672.155	-15.749
605	310.657.367	9.042.632.131	-16.572
606	310.687.335	9.042.592.107	-16.909
607	310.717.303	9.042.552.083	-17.893
608	310.747.271	9.042.512.059	-18.305
609	310.777.239	9.042.472.035	-18.858
610	310.807.207	9.042.432.011	-19.467
611	310.847.231	9.042.461.978	-20.079

No.	Easting	Northing	Elevation
612	310.817.263	9.042.502.002	-19.258
613	310.787.295	9.042.542.027	-18.598
614	310.757.327	9.042.582.051	-18.154
615	310.727.359	9.042.622.075	-17.274
616	310.697.391	9.042.662.099	-16.931
617	310.667.423	9.042.702.123	-16.088
618	310.637.456	9.042.742.147	-15.505
619	310.607.488	9.042.782.171	-14.504
620	310.577.520	9.042.822.195	-13.532
621	310.547.552	9.042.862.219	-13.053
622	310.517.584	9.042.902.243	-12.308
623	310.487.616	9.042.942.267	-11.490
624	310.457.648	9.042.982.291	-9.887
625	310.427.680	9.043.022.315	-8.534
626	310.397.712	9.043.062.339	-7.091
627	310.367.745	9.043.102.363	-7.968
628	310.337.777	9.043.142.387	-7.131
629	310.307.809	9.043.182.412	-5.986
630	310.277.841	9.043.222.436	-4.842
631	310.247.873	9.043.262.460	-3.699
632	310.217.905	9.043.302.484	-2.555
633	310.187.937	9.043.342.508	-1.411
634	310.157.969	9.043.382.532	-0.267
635	310.197.993	9.043.412.500	-0.260
636	310.227.961	9.043.372.476	-1.406
637	310.257.929	9.043.332.452	-2.553
638	310.287.897	9.043.292.428	-3.688
639	310.317.865	9.043.252.403	-4.753
640	310.347.833	9.043.212.379	-5.428
641	310.377.801	9.043.172.355	-6.104
642	310.407.769	9.043.132.331	-6.780
643	310.437.737	9.043.092.307	-8.644
644	310.467.704	9.043.052.283	-9.357
645	310.497.672	9.043.012.259	-10.071
646	310.527.640	9.042.972.235	-11.520
647	310.557.608	9.042.932.211	-12.339
648	310.587.576	9.042.892.187	-13.273
649	310.617.544	9.042.852.163	-13.742
650	310.647.512	9.042.812.139	-14.535
651	310.677.480	9.042.772.115	-15.481
652	310.707.448	9.042.732.091	-16.799
653	310.737.415	9.042.692.067	-17.130
654	310.767.383	9.042.652.043	-17.885
655	310.797.351	9.042.612.018	-19.023
656	310.827.319	9.042.571.994	-19.386
657	310.857.287	9.042.531.970	-19.518
658	310.887.255	9.042.491.946	-20.390



No.	Easting	Northing	Elevation
659	310.927.279	9.042.521.914	-20.353
660	310.897.311	9.042.561.938	-19.599
661	310.867.343	9.042.601.962	-19.227
662	310.837.375	9.042.641.986	-19.060
663	310.807.407	9.042.682.010	-17.666
664	310.777.440	9.042.722.035	-17.164
665	310.747.472	9.042.762.059	-16.449
666	310.717.504	9.042.802.083	-15.961
667	310.687.536	9.042.842.107	-15.364
668	310.657.568	9.042.882.131	-14.178
669	310.627.600	9.042.922.155	-13.292
670	310.597.632	9.042.962.179	-12.334
671	310.567.664	9.043.002.203	-11.393
672	310.537.696	9.043.042.227	-10.131
673	310.507.728	9.043.082.251	-9.303
674	310.477.761	9.043.122.275	-6.319
675	310.447.793	9.043.162.299	-5.643
676	310.417.825	9.043.202.323	-4.967
677	310.387.857	9.043.242.347	-4.291
678	310.357.889	9.043.282.371	-3.615
679	310.327.921	9.043.322.395	-2.939
680	310.297.953	9.043.362.419	-2.263
681	310.267.985	9.043.402.444	-1.392
682	310.238.017	9.043.442.468	-0.244

**Lampiran D**  
**Data Pengukuran Arus**

No	Hari	Tanggal	Jam	ARUS	
				Besar (m/det)	Arah ( o)
1	Sabtu	25-Juni-2011	07:00:00	0,005	7
2	Sabtu	25-Juni-2011	08:00:00	0,012	288
3	Sabtu	25-Juni-2011	09:00:00	0,014	90
4	Sabtu	25-Juni-2011	10:00:00	0,009	219
5	Sabtu	25-Juni-2011	11:00:00	0,005	185
6	Sabtu	25-Juni-2011	12:00:00	0,016	219
7	Sabtu	25-Juni-2011	13:00:00	0,014	218
8	Sabtu	25-Juni-2011	14:00:00	0,021	242
9	Sabtu	25-Juni-2011	15:00:00	0,021	230
10	Sabtu	25-Juni-2011	16:00:00	0,016	204
11	Sabtu	25-Juni-2011	17:00:00	0,024	230
12	Sabtu	25-Juni-2011	18:00:00	0,017	222
13	Sabtu	25-Juni-2011	19:00:00	0,026	229
14	Sabtu	25-Juni-2011	20:00:00	0,023	217
15	Sabtu	25-Juni-2011	21:00:00	0,031	214
16	Sabtu	25-Juni-2011	22:00:00	0,037	230
17	Sabtu	25-Juni-2011	23:00:00	0,033	212
18	Sabtu	25-Juni-2011	24:00:00	0,03	223
19	Minggu	26-Juni-2011	01:00:00	0,027	236
20	Minggu	26-Juni-2011	02:00:00	0,014	249
21	Minggu	26-Juni-2011	03:00:00	0,007	261
22	Minggu	26-Juni-2011	04:00:00	0,01	354
23	Minggu	26-Juni-2011	05:00:00	0,019	14
24	Minggu	26-Juni-2011	06:00:00	0,029	19
25	Minggu	26-Juni-2011	07:00:00	0,035	38
26	Minggu	26-Juni-2011	08:00:00	0,035	30
27	Minggu	26-Juni-2011	09:00:00	0,034	43
28	Minggu	26-Juni-2011	10:00:00	0,025	45
29	Minggu	26-Juni-2011	11:00:00	0,019	57
30	Minggu	26-Juni-2011	12:00:00	0,006	36
31	Minggu	26-Juni-2011	13:00:00	0,003	115
32	Minggu	26-Juni-2011	14:00:00	0,007	159
33	Minggu	26-Juni-2011	15:00:00	0,011	234
34	Minggu	26-Juni-2011	16:00:00	0,012	203
35	Minggu	26-Juni-2011	17:00:00	0,016	218
36	Minggu	26-Juni-2011	18:00:00	0,017	222
37	Minggu	26-Juni-2011	19:00:00	0,018	226
38	Minggu	26-Juni-2011	20:00:00	0,018	218
39	Minggu	26-Juni-2011	21:00:00	0,02	213

40	Minggu	26-Juni-2011	22:00:00	0,027	227
41	Minggu	26-Juni-2011	23:00:00	0,028	216
42	Minggu	26-Juni-2011	24:00:00	0,03	220
43	Senin	27-Juni-2011	01:00:00	0,029	231
44	Senin	27-Juni-2011	02:00:00	0,021	233
45	Senin	27-Juni-2011	03:00:00	0,014	252
46	Senin	27-Juni-2011	04:00:00	0,01	292
47	Senin	27-Juni-2011	05:00:00	0,012	11
48	Senin	27-Juni-2011	06:00:00	0,023	16
49	Senin	27-Juni-2011	07:00:00	0,033	29
50	Senin	27-Juni-2011	08:00:00	0,04	35
51	Senin	27-Juni-2011	09:00:00	0,042	38
52	Senin	27-Juni-2011	10:00:00	0,036	39
53	Senin	27-Juni-2011	11:00:00	0,027	50
54	Senin	27-Juni-2011	12:00:00	0,016	58
55	Senin	27-Juni-2011	13:00:00	0,003	83
56	Senin	27-Juni-2011	14:00:00	0,008	164
57	Senin	27-Juni-2011	15:00:00	0,014	208
58	Senin	27-Juni-2011	16:00:00	0,019	212
59	Senin	27-Juni-2011	17:00:00	0,024	213
60	Senin	27-Juni-2011	18:00:00	0,025	216
61	Senin	27-Juni-2011	19:00:00	0,024	224
62	Senin	27-Juni-2011	20:00:00	0,022	228
63	Senin	27-Juni-2011	21:00:00	0,018	222
64	Senin	27-Juni-2011	22:00:00	0,021	223
65	Senin	27-Juni-2011	23:00:00	0,024	219
66	Senin	27-Juni-2011	24:00:00	0,027	219
67	Selasa	28-Juni-2011	01:00:00	0,03	226
68	Selasa	28-Juni-2011	02:00:00	0,025	227
69	Selasa	28-Juni-2011	03:00:00	0,019	236
70	Selasa	28-Juni-2011	04:00:00	0,015	260
71	Selasa	28-Juni-2011	05:00:00	0,008	311
72	Selasa	28-Juni-2011	06:00:00	0,015	7
73	Selasa	28-Juni-2011	07:00:00	0,027	19
74	Selasa	28-Juni-2011	08:00:00	0,039	30

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari semua tahapan yang dilakukan, kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Simulasi arus di lokasi penelitian dominan arus bergerak dari garis pantai hingga di kedalaman 6 meter dengan kecepatan arus sebesar 0.002 m/s hingga 0.06 m/s sedangkan lebih dari kedalaman 6 meter arus relatif sangat kecil. Pola transpor sedimen pada masing-masing titik observasi mengalami kenaikan massa sedimen, pada titik observasi 1 sebesar 0.5 m, titik observasi 2 sebesar 0.37 m, dan titik observasi 3 sebesar 0.4 m.
2. Perubahan garis pantai berdasarkan simulasi dengan DELFT3D selama setahun terjadi kemunduran garis pantai sebesar 3.1 meter dengan validasi dengan metode analitis CERC sebesar 4.7 meter dan citra satelit sebesar 2.07 meter.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian kedepan berkaitan dengan topik ini adalah :

1. Dibutuhkan panduan dan informasi yang lengkap tentang *Software* DELFT3D ini sehingga proses pengerjaan berlangsung lancar.
2. Waktu simulasi model sebaiknya diperpanjang sehingga bisa dianalisa kondisi jangka panjang .
3. Diharapkan untuk simulasi selanjutnya agar dapat menginput data debit sungai agar lebih detail pengaruh debit sungai terhadap sedimen masuk ke dalam muara.
4. Perlu adanya keakuratan data baik ketika survei maupun pada waktu pengolahan data sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan kondisi lapangan pada umumnya.
5. Mempertimbangkan laju perubahan garis pantai berdasarkan hasil analisa, penulis menyarankan untuk diadakan pemeliharaan lebih lanjut untuk menjaga kestabilan garis pantai. Beberapa metode bisa dilakukan namun diperlukan kajian detail untuk menentukan kesesuaiannya. Metode-metode tersebut antara lain :
  - Menggunakan wave dissipating blocks. Wave dissipating blocks seperti tetrapod, dolos, tripod, dan lain-lain disusun sepanjang garis pantai. Manfaatnya selain untuk mengurangi energi gelombang yang mempercepat erosi pantai, juga untuk menangkap sedimen.
  - Menggunakan tumpukan batu alam. Metode ini sama dengan metode di atas. Perbedaan hanya pada materialnya. Dimana pada metode ini menggunakan material batu alam yang lebih mudah dan murah apabila ditinjau dari sisi ketersediaan dan pembuatannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Z.. 2011. Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi Terhadap Perubahan Bathymetry di Perairan Teluk Tomini Gorontalo. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Surabaya.
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual*, US Army Coastal Engineering Research Center, Washington (SPM, 1984)
- Dastgheib, A. 2012. Long-term process-based morphological modeling of large tidal basins. UNESCO-IHE / TU Delft. Ph.D. Thesis, CRC Pres
- Delft3D-Flow user manual (2011). "Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments." Version 3.15, revision 14499. pp:373,356
- Deltares . 2011. Users Guide for Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. Deltares, The Netherland.Mc.Anally, William H., Julia F. Haydel, Gaurav Savant. 2004. *Port Sedimentation Solutions for the Tennessee-Tombigbee Waterway in Mississippi*. Missisipi.
- Pratikto, W.A, Armono H.D, Suntoyo. 1997. Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut Edisi Pertama. BPFE. Yoyakarta. 226 p.
- Ronggodigdo, S.. 2011. Kajian Sedimentasi Serta Hubungannya Terhadap Pendangkalan di Muara Sungai Belawan. Tugas Akhir Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik-USU. Sumatra Utara
- Sudardjat, C., M. Syahril B.K., Hadi K.. 2012. Kajian Sedimentasi di Sekitar Muara Sungai Wanggu Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. Thesis Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan-ITB. Bandung.
- Triatmodjo, B.. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- <https://maps.google.com/> (diakses pada 22 Juni 2016).

## BIODATA PENULIS



Anggi Gewang Freddy Silaban dilahirkan di Pematangsiantar, 07 Oktober 1993, Merupakan anak kelima dari lima bersaudara. Menyelesaikan pendidikan dasarnya di SD Assisi Pematangsiantar, lalu SMPN 1 Pematangsiantar dan lulus dari SMAN 4 Pematangsiantar pada tahun 2011, penulis memutuskan untuk mengikuti SNMPTN dan menuju ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan kemudian diterima di salah satu jurusannya yaitu Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan. Penulis juga aktif dalam berbagai seminar dan pelatihan, baik yang diadakan oleh institut, fakultas maupun jurusan, serta aktif menjadi panitia dalam acara-acara yang diselenggarakan oleh jurusan, fakultas maupun institut. Penulis telah melaksanakan program mata kuliah Kerja Praktek di Kementrian Pekerjaan Umum Balai Wilayah Sungai Bali Penida. Di akhir masa kuliahnya, penulis mengambil tema tugas akhir mengenai analisa perubahan garis Pantai Tangtu Kota Denpasar Bali dengan menggunakan *Software* DELFT3D.